


FONDO PIZZOFALCONE


BIBLIOTECA PROVINCIALE
Armadio XXII
Palchetto
Num.° d' ordine 7



THÉORIE
DE LA TERRE.

TOME TROISIÈME.

THÉORIE DE LA TERRE,

PAR

JEAN-CLAUDE DELAMÉTHERIE.

SECONDE ÉDITION, corrigée, et augmentée d'une MINÉRALOGIE.

Sed quibus ille modis conjectus materiaï
Fundarit cœlum ac terram pontique profunda,
. . . . ex ordine ponam.
LUCRETIUS, lib. V, vers. 397.

TOME TROISIÈME.

A PARIS,
Chez MARADAN, Libraire, rue du Cimetière André-des-Arts, n°. 9.
AN V = 1797.

TABLE

DU TOME TROISIÈME.

FIN DE LA TABLE.

ERRATA.

Page 67, ligne 21 : activité, *lisez* rareté.

Page 150, note : une 84ᵉ; *ajoutez*, et une 85ᵉ, le 16 avril 1796.

THÉORIE
DE LA TERRE.

DES PARTIES PREMIÈRES DE LA MATIÈRE.

§. 601. La matière première qui compose l'univers ne nous est point connue ; nous n'appercevons que des composés, sans pouvoir arriver jusqu'aux principes dont ils sont formés ; mais quelle est la nature de ces premiers principes ?

Les uns les ont supposés composés à l'infini, et toujours divisibles : c'est-à-dire que chaque partie assignable de matière contiendroit une infinité de parties actuellement existantes et distinctes. On appuie cette singulière hypothèse sur de simples analogies.

« Nous pouvons toujours diviser, dit-on, les » corps les plus petits que nous connoissions. On » en doit conclure que cette division peut être » portée à l'infini ».

Mais il est facile de prouver que l'analogie ne nous autorise point à tirer cette conséquence, et

que cette divisibilité doit avoir des limites au-delà desquelles on ne sauroit aller. On ne peut raisonner par analogie que de ce qui est, ou de ce qui a été, à ce qui sera. Or la division des corps n'a jamais passé de certaines limites; aussi est-ce l'opinion des plus grands philosophes.

C'étoit celle de l'école d'Epicure. Lucrèce a dit, *lib.* 1 :

> Sed quæ sunt rerum primordia, nulla potest vis
> Stringere; nam solido vincunt ea corpore demum.

« Aucune force ne peut briser les élémens des » choses; ils résistent à tous les efforts ».

Et ailleurs il ajoute, *lib.* 1 :

> Sunt igitur solida, ac sine inani corpora prima.

« Les élémens sont solides et sans vide ».

Epicure et toute son école regardoient donc les premiers élémens de la matière (les atômes (1)), comme des êtres simples, très-solides, sans parties, et n'ayant aucun vide; car, dit Lucrèce, *ibid.*

> Denique, si nullam finem natura parasset
> Frangendis rebus, jam corpora materiaï
> Usque redacta forent, ævo frangente priore,
> Ut nihil ex illis à certo tèmpore posset
> Conceptum, summum ætatis pervadere florem.

---

(1) α privatif, τεμνῶ, diviser; ατομος, corps indivisible.

« Enfin si la nature n'avoit prescrit des bornes » à la divisibilité de la matière, ses élémens bri- » sés dans les siècles antérieurs seroient réduits à » un tel point, qu'ils ne pourroient plus former » les mêmes corps qu'ils formoient auparavant ».

La même doctrine a été suivie par les plus célèbres philosophes modernes. Les monades de Leibnitz sont comme les atômes d'Epicure, indivisibles.

Newton a soutenu la même opinion, en s'appuyant des argumens de Lucrèce.

« Il me semble très-probable, dit-il, qu'au » commencement la matière étoit en molécules » solides, massives, dures, impénétrables, mo- » biles; que ces particules primitives sont incom- » parablement plus dures qu'aucun des corps » poreux qui en sont formés, et si dures qu'elles » ne s'usent ni ne se rompent jamais. Car si elles » venoient à s'user, à se mettre en pièces, la » nature des choses, qui en dépend, changeroit » infailliblement; l'eau et la terre composées de » vieilles particules usées ne seroient plus à pré- » sent de même nature et contexture que l'eau et » la terre qui auroient été composées au commen- » cement de particules entières; et par consé- » quent afin que la nature puisse être durable, » l'altération des corps corporels ne doit con- » sister qu'en différentes séparations, nouveaux

» assemblages, et mouvemens de ces particules » permanentes ». (*Opt. Quest.* XXXI.)

§. 602. Le volume de ces molécules est d'une petitesse à laquelle notre imagination ne sauroit arriver. Prenons pour le prouver l'insecte microscopique le plus petit que nous puissions appercevoir. *Le Wenhoek* en a observé qui sont un million de fois plus petits qu'un grain de sable Ces insectes ont tous les organes nécessaires à la vie; des viscères, des vaisseaux, des liqueurs... Quelle doit être la ténuité de ces parties?

Mais la plupart de ces insectes sont transparens; la lumière en traverse les parties sans les blesser. Cette lumière a donc encore ses parties beaucoup plus tenues que celles de ces insectes.

Et sans doute les molécules de la lumière ne sont pas les plus tenues de celles des corps composés qui existent.

Quelle sera donc la ténuité des molécules dont sont composés la lumière et les autres fluides? Elle est au-dessus de tout ce que l'imagination peut nous représenter.

§. 603. Ces molécules se réunissent et forment des masses plus ou moins considérables.

Il paroît que les premières combinaisons de ces molécules ont formé différens composés qu'on

appelle élémens; ceux de ces élémens que nous connoissons sont le feu, le fluide lumineux, le fluide électrique, le magnétique, l'éthéré, les airs, les terres, l'eau.....

Nous ignorons encore si ces corps, dits élémens, peuvent se décomposer, et se décomposent réellement; mais en supposant qu'ils le puissent, et qu'ils se résolvent dans les molécules premières, il faut en conclure que les combinaisons de ces molécules ne peuvent jamais donner que les mêmes élémens, puisque nous n'en voyons jamais paroître de nouveaux.

Au reste, cela ne doit point nous surprendre; la même chose a lieu journellement dans toutes les opérations de la nature; nous voyons que dans les nitrières, par exemple, il se forme toujours les mêmes sels, et jamais de nouveaux.

Les mêmes plantes, les mêmes animaux donnent toujours les mêmes produits; les forces vitales opèrent donc chez eux les mêmes combinaisons, avec les élémens que nous connoissons.

Dans l'hypothèse que ces élémens se décomposent journellement, la nature les formeroit également toujours les mêmes, avec les parties premières des matières existantes.

Les combinaisons premières de ces molécules donneront donc toujours les mêmes composés, et formeront constamment les mêmes élémens;

c'est ce qui entretient l'uniformité que nous observons dans la nature.

Je n'ignore pas qu'on peut me faire beaucoup d'objections ; mais je n'y réponds que par les faits ; et ceux que je rapporte sont constans.

Au reste, que le lecteur sage ne perde jamais de vue cette sentence du grand Euler (1) ; il parle de l'opinion de Descartes sur le magnétisme qui a été combattue par tous les physiciens. Euler ajoute qu'elle est plus raisonnable que la plupart de celles qu'on a voulu y substituer, et il dit :

Novitatis studium cognitioni veritatis vehementer impedimento fuisse existimo.

« Je pense que l'amour de la nouveauté a été » un grand empêchement à la connoissance de la » vérité ». On veut attacher son nom à une opinion ; c'est ce qui a enfanté un si grand nombre d'erreurs.

§. 604. De très-grands physiciens ont cru pouvoir admettre deux espèces de matière, et même plusieurs espèces. Voilà ce que dit Euler : il reconnoît que la cause de la pesanteur doit être dans un fluide quelconque ; et il ajoute :

---

(1) *De Magnete*, §. IV.

« Quand nous réfléchissons sur la cause de la » gravité, quoiqu'elle nous soit inconnue, il » semble qu'on ne sauroit la chercher que dans » la pression d'un fluide extrêmement subtil, » qui passe librement même à travers les moin- » dres pores des corps. Or une telle pression agit » toujours en raison des volumes. Donc, puisque » le poids est aussi proportionnel à l'inertie ou à » la masse de chaque corps, il s'ensuivroit que » la véritable étendue fut toujours proportion- » nelle à l'inertie, comme presque tous les phi- » losophes l'ont cru jusques ici. Mais quelque » fort que puisse paroître cet argument, il ne » regarde que les corps terrestres, sur lesquels » agit la gravité, et par la même raison aussi sur » tous les corps grossiers dont les planètes sont » formées, parce qu'elles sont soumises à la » même loi de gravitation; mais on n'en sauroit » rien conclure de certain à l'égard des matières » subtiles étendues par tout le monde, qui appa- » remment ne sont pas assujetties à la gravita- » tion, et qui en contiennent plutôt la cause.

» ... Rien n'empêche que *les matières subtiles* » *ne soient d'une espèce différente que les* » *corps grossiers*, et qu'une certaine étendue » vraie de ces matières subtiles ait beaucoup » moins d'inertie, qu'une égale étendue vraie des » matières grossières. Ce seroit alors *une autre*

» *espèce de matière*, et peut-être *y en a-t-il* » *encore plusieurs espèces*, dont chacune joint » à la même étendue vraie une inertie plus petite » que les précédentes; de sorte que le dernier » degré, où à une étendue ne conviendroit au- » cune inertie, seroit une étendue purement » géométrique, et un vide véritable; mais sans » admettre un tel vide, pourvu qu'on accorde » *deux espèces de matière*, *dont l'une con-* » *tienne sous la même étendue moins de masse* » *ou d'inertie que l'autre*, on est en état de » lever toutes les difficultés qu'on fait ordinai- » rement contre le système du plein ». (*Résist. des Fluides*, *art. X*, *tom. VIII des Mém. des Savans étrangers.*)

Lambert suppose également différentes espèces de matières. (*Mém. de Berlin*, *1768.*)

Les *atômes ultramondains* de *le Sage* seroient encore de cette nature.

Quelqu'égard qu'on doive avoir pour les opinions d'aussi grands hommes, elles ne me paroissent pas fondées, et je ne crois pas qu'on puisse les admettre.

DE LA FIGURE DES PARTIES PREMIÈRES DE LA MATIÈRE.

§. 605. CHACUNE de ces parties premières des corps, de ces particules permanentes, a une figure particulière, puisqu'elle est étendue; mais nous savons par le *principe des indiscernables* (1), qu'aucun corps dans la nature ne ressemble à un autre, et qu'il y a toujours entr'eux des différences très-sensibles. Nous devons en conclure que les mêmes différences subsistent entre les molécules premières. Chacune différera donc des autres, quant à sa figure.

Et puisque ces parties paroissent inaltérables, leur figure ne changera pas.

DE LA FORCE PROPRE DES PARTIES PREMIÈRES DE LA MATIÈRE.

§. 606. CHACUNE de ces parties a une force propre et essentielle (2), dont elle ne sauroit

(1) *Leibnitz*, un des plus beaux génies qui ait existé, a prouvé par le fait qu'il n'y avoit pas deux choses semblables dans la nature. Deux feuilles d'arbre, deux grains de sable..... ne se ressemblent jamais. C'est ce qu'il a appelé le *principe des indiscernables*.

(2) J'ai distingué deux espèces d'essence :

1°. *L'essence première*, sans laquelle un corps ne peut

jamais être dépouillée. Tous les faits connus ne nous permettent pas de douter qu'il n'est aucun corps qui ne soit doué d'une pareille force.

Prenons pour exemple les acides, les alkalis.... Je dis qu'on ne peut s'empêcher de leur reconnoître une force propre, dont ils ne sont jamais dépouillés. Soit, par exemple, le sel ammoniac, sur lequel je verse de l'acide sulfurique. Cet acide s'empare de l'alkali ammoniacal, avec lequel il a plus d'affinité que l'acide marin; celui-ci est dégagé, et paroît sous forme de vapeur qui décèle toute son activité. Si au contraire on verse de l'alkali fixe, ou de la chaux sur le sel ammoniac, l'alkali ammoniacal est dégagé, et paroît avec toute sa vivacité ordinaire.

Cependant lorsque l'acide marin et l'alkali ammoniacal étoient combinés sous forme de sel ammoniac, aucune de leurs qualités respectives ne paroissoit; leur activité n'étoit donc que suspendue, leurs forces étoient *in nisu*. Car dans les deux expériences précédentes, rien n'a pu

---

être conçu. Un triangle ne sauroit être conçu sans trois angles.

2°. *L'essence du second genre* est celle que l'analogie nous dit inséparable des objets; l'or, par exemple, est toujours jaune. C'est celle dont il s'agit. (*Principes de la philosophie naturelle.*)

leur donner une telle activité; ce n'est pas la chaux qui a rendu l'activité à l'alkali ammoniacal; car l'activité et la causticité de la chaux sont toutes différentes de celles de l'alkali ammoniacal.

Ce n'est également pas l'acide sulfurique qui aura donné à l'acide marin cette légéreté, cette expansion; puisque l'acide sulfurique est extrêmement fixe.

Les mêmes phénomènes ont lieu dans une multitude d'occasions. Si on réduit en poudre du fluor, et qu'on verse sur cette poudre de l'acide sulfurique, ce dernier ayant plus d'affinité avec la terre calcaire que l'acide fluorique, dégage celui-ci qui se montre comme une vapeur extrêmement expansible.

L'acide fluorique, dans sa combinaison, n'avoit donc point perdu sa force; elle n'étoit qu'*in nisu;* et elle reparoît aussi-tôt que la combinaison est brisée.

On ne peut donc s'empêcher d'avouer que les premiers élémens des corps ont une force propre qui en est inséparable; ils ne la perdent jamais; elle disparoît quelquefois parce qu'elle est *in nisu*, dans un état de combinaison; mais la combinaison brisée, cette force reparoît avec toute sa première énergie.

Tous les philosophes de l'antiquité ont reconnu cette force propre dans les premiers élémens de

la matière. *Lucrèce* rapporte le sentiment de l'école d'Epicure sur ce sujet (*lib. II.*):

. . . . Nimirum nulla quies est
Reddita corporibus primis per inane profundum:
Sed magis assiduo varioque exercita motu,
Partim intervallis magnis conflicta resultant,
Pars etiam brevibus spatiis nexantur ab ictu.

« Il n'y a aucun repos pour les atômes dans » le vide immense; mais agités par un mouve- » ment continuel et très-varié, ils se heurtent: » et dans ces chocs une partie est repoussée à » de grandes distances, une autre partie se com- » bine ».

DE LA FORCE COMMUNIQUÉE.

§. 607. La force propre des parties premières de matière, quoique ne perdant jamais rien de son énergie, peut néanmoins produire des effets sur les autres corps, et leur communiquer une vîtesse quelconque : cette vérité paroît paradoxale. Cependant il suffit de la développer pour en appercevoir toute la justesse.

Reprenons le sel ammoniac dont nous venons de parler. Il est certain que l'acide et l'alkali dont ils sont formés, agissent continuellement l'un sur l'autre. Si nous supposons que l'un ait plus de force que l'autre, le composé se mouvra dans

la direction du plus fort. Voilà donc un composé qui a un mouvement continuel, lequel est toujours un effet de la force primitive, de la force propre des premières molécules.

Si un corps A en mouvement en rencontre un autre B en repos, il l'entraînera avec lui, ou plutôt il le poussera en avant. La vîtesse qu'il lui communiquera, et celle qu'il conservera lui-même, seront égales.

Chacun de ces deux corps aura donc une force quelconque.

Cette force sera en raison de la masse multipliée par la vîtesse; si la masse du corps A est 2, et celle du corps B 1, les vîtesses étant égales, la force de A sera = 2, et celle de B sera = 1.

Mais il y a ici une distinction bien essentielle à faire. Le corps A, dans cette hypothèse, a une force propre qu'il ne perd point; et le corps B au contraire n'a qu'une force communiquée dont il peut être privé.

Supposons que ces deux corps se séparent, en conservant chacun leurs forces.

Supposons ensuite que chacun d'eux rencontre d'autres corps A′, B′, dont la force soit égale à la leur, et qui se meuvent en des sens diamétralement opposés à la direction des premiers.

Le corps A ayant une force propre sera d'abord

arrêté par le corps A′, puisque sa force est égale à celle de A.

Si le corps A′ a également une force propre, ces deux corps demeureront *in nisu*, luttant sans cesse l'un contre l'autre, comme deux ressorts égaux, agissant en sens contraires, s'opposent une résistance mutuelle qui est égale.

Mais si la force de A′ n'est point une force propre, mais seulement une force communiquée, les choses se passeront autrement. Supposons que A′ vienne frapper contre le corps A que nous comparerons à un ressort, avec une force capable de le bander à un degré quelconque; dix par exemple : la force de A′ étant épuisée, le ressort commencera à se débander, et réagira contre le corps A′ avec la même énergie que celui-ci avoit déployée contre lui.

Il en sera de même du corps B, s'il rencontre un autre corps qui n'ait pas une force propre, et qui se meuve avec une force égale à la sienne, dans une direction opposée; ils s'arrêteront l'un et l'autre, et demeureront en repos en les supposant sans élasticité.

Voilà donc une force communiquée au corps A′ ou B′ par la force propre d'un autre corps A ou B.

Et cette force communiquée a été détruite par le choc de deux corps non élastiques.

Cependant la force primitive des parties dont sont composés les corps, n'a rien perdu.

Quelle est donc la nature de cette force qui peut être communiquée et être détruite ?

Comment la force propre des parties premières peut-elle communiquer de cette force sans rien perdre de la sienne propre ?

C'est ce que nous ignorons ; nous n'avons aucune notion sur la nature de la force, nous n'en connoissons que les effets.

Dans la *haute philosophie*, il faut bien distinguer cette force propre des parties premières de matière, de la force communiquée. Cette dernière varie sans cesse dans la nature (1), c'est-à-dire parmi les corps : il peut y avoir une plus ou moins grande quantité de force qui leur soit communiquée ; il peut y en avoir une plus ou moins grande quantité de détruite.

C'est ce que les philosophes ont exprimé en disant : *qu'il peut y avoir une plus ou moins grande quantité de mouvement dans la nature, c'est-à-dire dans les corps existans.*

Mais la force propre de ces parties premières est toujours la même, elle est INDESTRUCTIBLE.

---

(1) J'entends toujours par *nature* la masse des êtres existans ; et les loix de la nature sont les loix du mouvement que suivent ces êtres.

Il peut y avoir un plus ou moins grand nombre de ces parties qui jouissent de leur activité; il peut y en avoir un plus ou moins grand nombre dont les forces soient *in nisu;* mais ces forces ne sont point perdues : de nouveaux mouvemens brisent les combinaisons formées, et dégagent les parties dont les forces étoient *in nisu.*

C'est le plus souvent le feu qui, sur notre globe, brise ces combinaisons, et rend les molécules premières à leurs forces propres.

Mais le feu qui est dans les corps terrestres se combine lui-même; et peut-être arriveroit-il une époque à laquelle il seroit tout combiné, si les rayons du soleil ne venoient le dégager : c'est donc la présence de cet astre qui entretient le mouvement sur notre globe.

On pourroit peut-être faire l'objection suivante.

Les combinaisons des molécules premières étant une fois formées, il faudroit des forces égales à celles qui sont *in nisu* pour les dégager; celles-ci se combineroient donc de nouveau; et peu-à-peu toutes ces molécules se combinant, le mouvement cesseroit dans l'univers.

Il me semble qu'on peut répondre à cette difficulté. Si on vouloit séparer deux de ces molécules dans une direction opposée à la leur, je conviens qu'il faudroit une force égale à celle

qui les unit ; mais si on les choque latéralement, il ne faudra plus la même force (§. 11). Or c'est ce dernier cas qui doit avoir lieu ordinairement dans la nature.

DE L'IMPULSION.

§. 608. L'IMPULSION n'est que la force communiquée, dont nous venons de parler. Un corps en mouvement en rencontre un autre ; il lui communique une partie de son mouvement ; c'est l'impulsion.

Un boulet est chassé en avant par l'explosion de la poudre.

Un ressort bandé renvoie le corps qui l'a comprimé....

Dans tous ces exemples, c'est une force communiquée qui meut ces corps.

Mais la première origine de cette force communiquée vient de la force première, de la force propre des parties premières, dont les combinaisons se brisent, et qui pour lors jouissent de toute leur activité ordinaire.

Cette impulsion, cette force communiquée peut se perdre, et se perd journellement comme nous venons de le voir.

DE L'ATTRACTION.

§. 609. PLUSIEURS philosophes de l'antiquité paroissent avoir reconnu dans les corps une force qui les porte les uns vers les autres. On croit que ce que *Pythagore* appeloit l'*harmonie des corps célestes*, qui en dirigeoit les mouvemens, étoit une force de cette nature.

Empédocle disoit que l'univers avoit été arrangé par deux forces, dont l'une étoit l'amour, φιλότης, et l'autre la discorde, νεῖκος (1); l'une fait porter certains corps les uns vers les autres, ce sont les *homogènes*; et l'autre fait éloigner d'autres corps les uns des autres, ce sont les *hétérogènes*. La première de ces forces sera la force d'attraction, la seconde sera la *force* de *répulsion*.

L'école d'*Epicure* paroît avoir également admis une force qui fait porter les corps les uns vers les autres. *Lucrèce* dit que les atômes

---

(1) « Hæc autem illi (Empedocli) visa sunt ac placita » Elementa esse quatuor : ignem, aquam, aerem, terram : » *amicitiamque* qua copulentur, et *discordiam* qua dissi- » deant.....

» Nonnumquam connectit *amor* simul omnia, rursus
» Nonnumquam sejuncta jubet *contentio* ferri.

(*Diog. Laert. in vita Empedoclis.*)

pèsent les uns sur les autres (*lib. 5 , pag. 180*).

Ponderibusque suis consuerunt concita ferri.....

Copernic supposoit pareillement que les corps célestes pèsent les uns sur les autres.

Kepler, *Fermat*, *Bacon*, *Galilée*, *Hooke*... ont dit expressément que les corps s'attiroient les uns vers les autres. « Il y a une troisième opi» nion, dit *Fermat*, qui n'est pas hors de vraisem» blance, qu'il y a une attraction mutuelle entre » les corps, causée par un desir naturel que les » corps ont de s'unir ensemble ».

Kepler a dit que la terre et la lune s'attiroient mutuellement. *Vera igitur doctrina de gravitate his innititur axiomatibus... Si duo lapides in aliquo mundi loco collocarentur propinque invicem, extra virtutem tertii cognati corporis, illi lapides ad similitudinem duorum magneticorum corporum coïrent loco intermedio, quilibet accedens ad alterum tanto intervallo, quanta est alterius moles in comparatione.*

On voit qu'ici *Kepler* suppose l'attraction de ces deux corps homogènes, *cognati ;* ils s'attirent comme deux aimants, et cette attraction est en raison des masses.

Mais ce fut *Newton* qui entreprit de prouver par le calcul, que l'attraction étoit une loi générale, et que tous les corps homogènes ou hé-

térogènes agissoient les uns sur les autres, en raison directe des masses et de l'inverse des quarrés des distances. Se promenant dans un jardin, il réfléchissoit sur la chûte des graves, à l'occasion, croit-on, d'une poire qu'il vit tomber de dessus l'arbre qui la portoit. La pesanteur, dit-il, doit décroître à mesure qu'on s'éloigne du centre de la terre; par conséquent elle doit être moindre au haut d'une montagne que dans la plaine; et si on ne s'en est pas apperçu, c'est que nos montagnes ne sont pas assez élevées. Quelques années après il revint à cette idée, en se rappelant que *Kepler* avoit dit que la terre attiroit la lune, et que la lune attiroit la terre; que si les eaux de la terre n'étoient pas retenues par l'attraction qu'exerçoit sur elles la terre, elles s'éléveroient vers la lune.... *Newton* chercha pour lors par le calcul, si la force qui retient la lune dans son orbite, n'étoit pas égale à celle qui la feroit tomber sur la terre, en supposant que sa force tangentielle fût anéantie : et le calcul vérifia son soupçon.

Dès-lors il généralisa sa préposition; et il dit, « que la terre tendoit vers la lune, et la lune » vers la terre; que toutes les planètes tendoient » vers le soleil, et le soleil vers elles; qu'enfin » tous les corps de la nature tendoient les uns vers » les autres, avec des forces qui étoient en raison

» directe de leurs masses et de l'inverse des quar-
» rés des distances ».

Newton établit cette loi de l'attraction comme un fait, dont, ajouta-t-il ensuite, on pourra peut-être trouver la cause physique. *Quam ergo attractionem appello, fieri potest, ut ea efficiatur impulsu, vel alia aliqua causa nobis ignota.*

«Ce que j'appelle attraction, peut être l'effet » de l'impulsion, ou d'une autre cause qui ne » nous est pas connue ..... Je n'emploie ce mot » que pour signifier en général une force quel- » conque, par laquelle les corps tendent récipro- » quement les uns vers les autres, quelle qu'en soit » la cause ». (*Optiq. Quest. XXXI.*)

Il avoit, dans la question XXI, assigné pour cause de cette gravitation, l'action du fluide éthéré. « Ce milieu, dit-il, n'est-il pas la cause de » la gravitation réciproque de ces vastes corps, » et de celle de leurs parties vers ces corps » même »?

Kepler, Fermat... pensoient également que l'attraction étoit produite par un fluide quelconque; car ils la comparoient à la force magnétique.

Mais ceux qui les ont suivis ont été plus loin; ils ont voulu envisager l'attraction comme une cause aussi physique que l'impulsion.

« L'attraction n'étant pas moins possible dans » la nature des choses, dit *Maupertuis*, que l'im» pulsion, les phénomènes qui prouvent l'attrac» tion étant aussi fréquens que ceux qui prouvent » l'impulsion, lorsqu'on voit un corps tendre vers » un autre, dire que ce n'est point qu'il soit at» tiré, mais qu'il y a quelque matière invisible » qui le pousse, c'est à-peu-près raisonner comme » feroit un partisan de l'attraction, qui, voyant un » corps poussé par un autre, se mouvoir, diroit » que ce n'est point par l'effet de l'impulsion qu'il » se meut, mais parce que quelque corps invi» sible l'attire ». (*Œuv. de Maupertuis*, *tom.* 1, *pag.* 132, *Fig. de la Terre.*)

Il me paroît qu'il y a ici une grande différence; lorsqu'un corps en va choquer un autre, il y a une raison suffisante qu'il se meuve, puisque la force dont il est animé le pousse en avant; il ne peut avancer sans emporter avec lui l'autre corps qui lui fait obstacle : il est donc nécessaire qu'il le mette en mouvement.

Dans l'attraction, il n'y a point de raison suffisante du mouvement des corps. Supposons, comme *Kepler*, deux corps dans le vide; qu'ils soient égaux en masse, et placés à une distance quelconque, par exemple, $= 4$; qu'ils s'attirent avec une force $= 1$: supposons ces deux mêmes corps à une distance $= 2$, leur attraction sera $= 4$.

Supposons encore ces deux mêmes corps à une distance = 1, leur attraction sera = 16.

L'attraction de ces deux mêmes corps l'un sur l'autre, sera donc dans ces trois hypothèses, 1, 4 et 16.

Or nous ne voyons aucune raison suffisante de ces effets différens; puisque dans ces diverses positions, rien n'est changé dans ces deux corps; il faut donc reconnoître que l'attraction n'est qu'une suite d'une impulsion quelconque.

Mais, objecte *Maupertuis*, nous ne concevons pas davantage comment s'opère l'impulsion, que l'attraction. — J'en conviens; et il est vrai, comme nous l'avons dit, que nous ne connoissons point la nature de la *force propre*, ni de la *force communiquée;* mais nous voyons bien qu'un corps en mouvement qui en rencontre un autre en repos, ou qui se meut moins vîte que lui, doit lui communiquer de son mouvement, quelle qu'en soit la cause.

Au lieu que nous ne voyons pas comment deux corps agiront différemment l'un sur l'autre, si on les place à différentes distances; par exemple, à un pied, à deux pieds, à quatre pieds.

Tout physicien philosophe doit donc regarder l'attraction comme UN FAIT GÉNÉRAL; mais il recherchera la cause de cette gravitation universelle dans l'action d'un fluide quelconque, comme

l'a dit *Newton*, et après lui *Euler*, et les plus grands physiciens.

Newton, et les philosophes, qui, comme lui admettent une cause première, toute-puissante, dont la volonté suprême peut tout, trouvent une cause suffisante de l'attraction dans un acte de cette cause première qui auroit dit : *Je veux que les corps s'attirent en raison des masses et de l'inverse des quarrés des distances.*

Mais ce moyen seroit insuffisant pour les autres philosophes, qui veulent trouver dans les corps même la cause de leurs mouvemens, qu'ils admettent ou qu'ils n'admettent pas de cause première ; il faut donc absolument qu'ils cherchent dans l'impulsion les causes de la gravitation universelle.

DE LA FORCE DE COHÉSION ET DE LA DURETÉ DES CORPS.

§. 610. Les partisans de l'attraction disent que c'est cette force attractive qui porte les parties des corps les unes vers les autres; et lorsqu'elles sont arrivées à une certaine distance, la force de répulsion les tient éloignées...

Nous avons vu que ces différentes hypothèses ne sont point fondées; il faut donc assigner à ces

phénomènes des causes physiques : voici celles qui me paroissent les plus vraisemblables.

I. Chaque partie de matière a une *force propre ;* c'est dans cette force qu'on doit trouver l'explication de tous les phénomènes de la nature, et par conséquent la cause de l'aggrégation des corps.

Supposons deux de ces parties contiguës, que les forces soient égales, et que la direction de ces forces soit en sens contraire, elles se tiendront unies l'une à l'autre avec la somme de leurs deux forces. Telle est la cause générale de l'aggrégation et de la solidité des corps ; mais développons ces principes.

Si les deux parties A, B (*fig. 4, pl. II.*) sont cubiques, comme celles du sel marin, et qu'elles se touchent par toute l'étendue de leurs surfaces, elles s'adhéreront avec toutes leurs forces ; et on ne pourra les séparer en sens opposé, qu'en surmontant ces forces ; mais il faudra une force moindre pour les séparer latéralement, en les faisant glisser l'une sur l'autre.

Si une des molécules C a une surface convexe, et l'autre D une surface concave, elles s'emboîteront, et cette union sera très-solide.

Enfin si les deux molécules E, F ont leurs surfaces convexes, elles s'uniront très-difficilement, puisqu'il n'y a que deux points qui permettent

cette union, ceux des diamètres des centres des forces. Dans toute autre supposition, les deux molécules rouleront l'une sur l'autre.

Mais si ces deux parties cubiques A, B (*fig. 4, pl. II.*) ne se touchent point par leurs centres, mais aux points intermédiaires, elles acquerront un mouvement giratoire, en demeurant néanmoins toujours unies.

Si ces deux parties dont nous venons de parler ont des masses et des forces inégales, elles demeureront toujours unies, mais auront un mouvement progressif dans la direction de la plus grande force.

On demandera peut-être comment ces parties animées d'une force quelconque, peuvent se porter les unes vers les autres, et se combiner.

Le fait est certain. On mélange, par exemple, dans le même vase différens acides et différens alkalis; ils se combinent en raison de leurs affinités, et cristallisent séparément suivant les circonstances...

Cette cristallisation ne peut être l'effet de l'attraction, qui agit dans cette hypothèse indistinctement sur toute la matière, et ne connoît pas les loix des affinités; il faut donc dire que les substances cristallisent en vertu de leurs forces propres, et en raison de la figure de leurs molécules. Or nous avons vu (§. 17 et 18.) que les figures

des molécules des corps terrestres composés, ont toujours leurs surfaces planes, et qu'elles paroissent être des lames triangulaires, rectangulaires et rhomboïdales.

Telle est la première cause de la cohésion des corps et de leur dureté.

II. Mais il est d'autres causes également actives qui contribuent à ces cohésions. *Les parties homogènes s'attirent, et les hétérogènes se repoussent.* Ce phénomène doit avoir une cause particulière que nous allons rechercher.

DES ATMOSPHÈRES PARTICULIÈRES DES CORPS.

§. 611. CHAQUE corps composé, chacune de ses molécules a des atmosphères particulières formées de différens fluides; c'est une vérité qui est reconnue aujourd'hui de tous les physiciens, et elle est appuyée par un grand nombre de faits.

On voit chaque jour qu'en frappant l'eau avec une rame, l'eau jaillit avec force et se divise : elle retombe en globules plus ou moins gros qui roulent long-temps sur la surface de l'eau sans se confondre avec elle, et enfin finissent par s'y mélanger.

La même chose a lieu avec toutes les autres liqueurs; de l'esprit-de-vin mis dans un vase à sur-

face large, et sur lequel on a fait tomber goutte à goutte de la même liqueur, présente le même phénomène : ces gouttes roulent sur la surface de la liqueur, et jaillissent comme de petits ballons; elles se heurtent, se choquent et se réfléchissent comme des balles élastiques; enfin elles ne se mélangent avec le reste de la liqueur, qu'après un temps plus ou moins long.

Les corps solides présentent à-peu-près les mêmes phénomènes; une aiguille d'acier placée avec précaution sur de l'eau, y surnage longtemps: de la poudre de lycopode est environnée d'une atmosphère qui l'empêche d'être mouillée par l'eau. Un grand nombre d'autres corps, tels que la plume des animaux aquatiques, le poil de la plupart des animaux... sont dans le même cas.

On ne peut expliquer tous ces phénomènes qu'en supposant que ces corps, soit solides, soit liquides, sont environnés d'atmosphères particulières d'air ou d'autres fluides qui empêchent le contact de ces corps les uns avec les autres; l'aiguille d'acier ne se soutient sur l'eau que par cette atmosphère; et il faut pour cela qu'elle soit très-sèche. Aussi-tôt qu'on l'humecte, l'eau chasse la petite atmosphère, ou plutôt se mélange avec elle, et l'aiguille se précipite.

Les bulles d'eau qui roulent sur la surface de

la rivière, celles d'esprit-de-vin qui jouent comme des ballons sur la surface du même esprit-de-vin, ne se soutiennent ainsi que parce qu'elles sont enveloppées d'atmosphères particulières de différens fluides. Si on place sous le récipient de la machine pneumatique le lycopode qui, répandu sur la surface de l'eau, empêche tous les corps d'être mouillés, et qu'on y fasse le vide, la couche d'air qui l'enveloppe se dissipe, et l'eau le mouille pour lors comme tout autre corps.

Mais l'atmosphère de la plupart des corps est d'une nature différente de celle de l'air atmosphérique, comme le prouvent tous les faits. Ecoutons ce qu'en dit un savant distingué.

« La plupart des physiciens, dit *Saussure* en » parlant des vapeurs vésiculaires (*Hygrométrie*, » §. *210*), croient que presque tous les corps » sont environnés d'un fluide beaucoup plus rare » que l'air; que ce fluide leur est adhérent, et » forme autour d'eux une espèce d'atmosphère. » Un nombre de phénomènes de l'optique et de » l'électricité semblent venir à l'appui de cette » opinion. Nos vésicules même (des vapeurs) » donnent un indice très-frappant de l'existence » de cette atmosphère; et cela par la liberté avec » laquelle elles roulent sur la surface de l'eau, » sans se mêler, et sans contracter aucune adhé-

» rence avec elle : car il est évident que si elles » étoient en contact immédiat avec la surface de » l'eau, elles y seroient retenues par une attrac- » tion très-forte. En effet, si l'on répand sur l'eau » une poussière légère, et qu'ensuite on souffle » cette poussière, on verra que les particules qui » ont été en contact réel avec l'eau, lui adhèrent, » et ne sont point entraînées par le souffle.... Les » vésicules aqueuses flottent à la surface de la » tasse de liqueur chaude. Qu'on observe au grand » jour, on voit ces particules non-seulement rou- » ler sur cette surface, mais l'abandonner même, » et s'envoler dès que le plus foible vent les sou- » lève.

» Il paroît donc bien certain qu'elles ne sont » point en contact immédiat avec l'eau, et » qu'une enveloppe légère et invisible les em- » pêche de la toucher.

» Mais quelle est la nature de cette atmos- » phère qui les environne ? Si c'est du feu, il faut » qu'il soit là dans un état de combinaison qui » masque plusieurs de ses propriétés connues : car » le froid seul ne suffit point pour dérober à ces » vésicules l'enveloppe légère qui les soutient en » l'air. On voit flotter des nuages dans les hivers » même les plus rigoureux, et les nuages ne sont » autre chose que des amas de ces vésicules...

» Seroit-ce le fluide électrique ?...

» Seroient-ce enfin les élémens de cet air sub-» til, que divers physiciens ont distingué de l'air » grossier »?...

Il n'ose pas prononcer sur toutes ces questions; mais il reconnoît l'existence d'atmosphères autour des corps.

§. 612. On doit donc regarder comme avoué qu'il existe des atmosphères particulières autour de tous les corps. Ces atmosphères paroissent composées de différens fluides.

1°. *Du calorique*. Tous les corps ont un degré plus ou moins considérable de chaleur; cette chaleur est proportionnelle à l'affinité qu'ils ont avec le calorique : ce qui constitue leur chaleur latente ou spécifique. Or ce calorique doit leur constituer une espèce d'atmosphère, comme nous verrons que cela a lieu pour les vapeurs, ou corps à l'état aëriforme.

2°. *Du fluide électrique*. Il est certain que tous les corps terrestres sont dans un état continuel d'électricité; elle peut être augmentée ou diminuée, c'est-à-dire que leur électricité devient positive ou négative. Le fluide électrique doit donc former autour de tous les corps des atmosphères particulières : il en forme également autour de chacune de leurs molécules.

3°. *Du fluide magnétique* pour plusieurs

corps : car le fer et quelques-uns de ses oxides sont toujours enveloppés de fluide magnétique qui leur constitue une atmosphère.

Or tous les corps terrestres contiennent une plus ou moins grande quantité de fer; il est vrai qu'il y est le plus souvent à l'état d'oxide non attirable ; mais il est vraisemblable que le fer même à cet état a également une atmosphère magnétique, moins active à la vérité.

4°. *De l'éther ou fluide éthéré*, comme nous le verrons.

5°. *D'un principe odorant.* Chaque corps a une odeur particulière qui doit lui former une atmosphère dans laquelle se trouve une portion d'air.

6°. Les animaux et les végétaux transpirent sans cesse ; ce qui doit leur constituer des atmosphères où il y a de l'air.

7°. Enfin plusieurs corps sont environnés d'une couche d'air atmosphérique.

Tous ces différens fluides concourent donc à la formation des atmosphères particulières des corps terrestres.

Les atmosphères d'un grand nombre de corps sont sensibles à nos sens; si dans l'obscurité on approche avec précaution d'un mur, d'un meuble, d'un arbre... on sent son atmosphère. Les

aveugles dont le tact est plus fin, s'en apperçoivent plus particulièrement.

Lorsqu'on se promène le soir en été, avant le coucher du soleil, on voit son ombre longuement projetée sur le terrain et entourée d'auréole; ceci est un effet des réfractions des rayons lumineux produits par les atmosphères particulières des corps.

Newton, dans le troisième livre de son optique, rapporte un grand nombre de faits qui prouvent la déviation des rayons lumineux, en passant auprès des corps : or ces déviations sont produites par les atmosphères particulières des corps.

Tous ces faits ne permettent pas de douter que les corps qui ont un certain volume, ne soient environnés d'atmosphères qui sont composées de différens fluides.

1°. Du calorique.

2°. Du fluide électrique.

3°. De parties odorantes.

4°. De parties de la transpiration pour plusieurs.

5°. Du fluide magnétique pour un grand nombre, peut-être pour tous les corps terrestres.

6°. De l'éther ou fluide éthéré.

7°. D'air atmosphérique.

8°. Enfin peut-être d'autres fluides que nous ne

connoissons pas encore assez. Le fluide lumineux peut également faire partie de ces atmosphères.

Tous ces fluides sont entretenus dans une agitation continuelle, parce que la chaleur et le froid dilatent et condensent alternativement, et presque sans interruption, et ces fluides, et ces corps eux-mêmes; c'est une vérité démontrée par les thermomètres très-sensibles, qui ne sont jamais stationnaires. Ce mouvement continuel d'oscillation doit agiter les fluides qui sont dans les pores de ces corps, contribuer à l'émission des parties odorantes, de celles de la transpiration, et enfin à la formation de ces atmosphères particulières.

Chaque molécule de ces corps aura également de ces atmosphères; il n'est pas douteux que chaque molécule d'une aiguille de fer aimantée, n'ait son atmosphère magnétique; que chaque molécule d'une tige métallique électrisée, n'ait son atmosphère électrique.... Il en est de même de tous les autres fluides; chaque molécule de vapeurs a son atmosphère de calorique.....

Tous ces fluides composant ces atmosphères particulières des corps, pourront, dans un grand nombre de circonstances, contribuer à la dureté de ces corps, produire l'adhésion de leurs parties homogènes, et en même temps la répulsion de leurs parties hétérogènes.

a Dans l'expérience d'*Ottoguериok* de Magdebourg, on fait le vide entre deux hémisphères creux; ces hémisphères s'adhèrent avec une force égale au poids des colonnes d'air qui ont la même surface que ces deux hémisphères : on sait que cette adhésion est l'effet de la pression de l'air atmosphérique.

C'est encore la même cause qui fait adhérer deux plaques unies, et dont on chasse tout l'air intermédiaire par une légère couche d'huile.

Mais tous les autres fluides connus peuvent produire des effets analogues à ceux de l'air ; et nous en avons un exemple bien connu. L'atmosphère ne soutient le mercure dans le tube de *Toricelli* qu'à 28 pouces; cependant on peut remplir de mercure un tube de 40, 50 pouces, sans que le mercure tombe ; il y est donc soutenu par d'autres fluides que l'air atmosphérique.

b Supposons mille molécules cubiques de fer aimanté, et réunissons-les par les poles opposés pour en faire un gros cube. Ces molécules adhéreront toutes les unes aux autres par l'effet du fluide magnétique, et formeront un solide qui n'aura qu'une médiocre dureté, parce que l'action du fluide magnétique n'a pas beaucoup d'énergie.

c Supposons d'autres molécules parallélipipèdes électrisées par un bout positivement, et négati-

vement par l'autre, et qu'on les juxtapose; elles s'adhèreront avec une force quelconque, qui ne sera pas très-considérable.

d Si au lieu de ces fluides magnétiques, électriques.... qui ont peu de force, nous supposons à chacune de ces molécules une atmosphère d'un fluide qui auroit cent fois, mille fois..... plus d'activité; nous aurons un corps dont la solidité aura cent fois, mille fois plus de dureté.... S'il existoit un pareil fluide, nous aurions une seconde cause de la dureté des corps.

Mais existe-t-il, ce fluide? Je le crois. Je pense que c'est l'éther, ou fluide gravifique, dont nous parlerons; il fait partie de l'atmosphère de tous les corps terrestres et de leurs molécules : son activité est très-grande, et pourra satisfaire à tous les phénomènes que présentent les différens degrés de dureté des corps; car il faut supposer que ce fluide, ainsi que tous les autres fluides connus, a ses affinités, et que les différens corps ont plus ou moins de *capacité* pour le contenir.

Supposons deux corps, sur l'un desquels ce fluide agisse avec deux fois plus de force que sur l'autre; toutes choses égales d'ailleurs, le premier aura deux fois plus de dureté que le second.

La figure des molécules constituantes y influera encore beaucoup; des molécules cubiques

qui se toucheront par toutes leurs faces, auront plus de solidité que des molécules sphériques qui, réunies entr'elles, ne se touchent que par douze points; ou que des molécules octaèdres qui laissent à-peu-près autant de plein que de vide.

Mais quelle sera la cause qui déterminera tous ces fluides autour de ces corps et de leurs molécules, et les y retiendra pour leur former des atmosphères ?

Il n'est pas facile de répondre à cette question. Le fait est certain. On ne peut révoquer en doute l'atmosphère magnétique autour du fer, l'atmosphère électrique autour de tous les corps, l'atmosphère du calorique autour des corps en vapeurs, et peut-être de tous les autres...

Il est probable que ce sont des affinités particulières.

§. 113. Il faudra donc distinguer dans la dureté des corps deux forces principales, qui n'agiront peut-être que séparément.

a La première est la force propre des molécules constituantes; celle-ci n'agit peut-être que sur les premières parties des corps, et dans la formation des premiers élémens qui conservent leur force propre; tels que le feu, l'éther, les fluides électriques, magnétiques, lumineux, les airs, les acides, les alkalis....

b Et la seconde force sera celle des différens fluides qui constituent les atmosphères des corps, mais particulièrement du fluide gravifique ou éther : celle-ci appartiendra particulièrement aux molécules des corps composés, comme les métaux, les pierres, les êtres organisés...

DE LA FORCE DE RÉPULSION ET D'EXPANSION.

§. 614. Les corps paroissent se repousser en plusieurs circonstances; une goutte d'eau et une goutte d'huile ne se mélangent point, mais se repoussent : en général les corps *homogènes* s'attirent et s'unissent, et les corps *hétérogènes* se repoussent; c'est ce que les chimistes ont exprimé par le mot *affinité*. Les physiciens appellent *force de répulsion*, cette force qui fait que des parties hétérogènes s'éloignent les unes des autres. Les anciens, tels que *Empédocle*, avoient connu cette force : *force de discorde*, νεῖκος, *discordia*, *contentio*.

Newton, dont le vaste génie embrassa tous les grands phénomènes de la nature, a aussi connu cette *force de répulsion*.

« Puisque les métaux dissous dans les acides, » n'en attirent qu'une petite quantité, leur force » attractive ne peut s'étendre qu'à une petite dis-

» tance; et comme dans l'algèbre les quantités » négatives commencent où les affirmatives dis» paroissent; ainsi dans la mécanique, la *vertu* » *repoussante* doit paroître où l'attraction vient » à cesser. Or, qu'il y ait une *telle vertu* (*repous-* » *sante*), c'est ce qui me semble suivre des ré» flexions et des inflexions des rayons de lumière; » car dans ces deux cas, les rayons sont *repoussés* » *par les corps*, *sans un contact immédiat du* » *corps qui cause ces réflexions ou inflexions* : » cela suit encore, ce semble, de l'émission de » la lumière; le rayon n'étant pas plutôt lancé » hors du corps lumineux, par les vibrations des » parties de ce corps, et sorti de la sphère de son » attraction, qu'il est poussé en avant avec une » vîtesse excessive. Car la force qui dans la ré» flexion est suffisante pour repousser un rayon, » peut l'être pour le pousser en avant; il semble » aussi que cela suit de la production de l'air et » des vapeurs. Car les particules qui sont déta» chées des corps par la chaleur ou la fermen» tation, ne sont pas plutôt hors de la portée de » l'attraction du corps, qu'elles s'éloignent de » lui et les unes des autres, d'une grande force, » s'écartant quelquefois jusqu'à occuper plus d'un » *million de fois* plus d'espace qu'elles n'en oc» cupoient auparavant sous la forme d'un corps » compacte. Il ne paroît pas qu'on puisse rendre

» intelligible cette vaste contraction et expan-» sion, en supposant que les particules de l'air » sont élastiques et rameuses, ou semblables à des » osiers roulés en forme de cerceaux, ni par au-» cun autre moyen que par une PUISSANCE RE-» POUSSANTE qui les écarte les unes des autres..... » Les particules qui dans le CONTACT sont les plus » fortement attachées ensemble, étant une fois » séparées, s'éloignent les unes des autres avec le » plus de force, et sont le plus difficilement réu-» nies....

» Et sur ce pied-là la nature se trouvera très » simple et très-conforme à elle-même, produi-» sant tous les grands mouvemens des corps cé-» lestes, par l'attraction d'une pesanteur réci-» proque entre ces corps; et presque tous les » petits mouvemens de ses particules par quelques » autres puissances ATTRACTIVES ET REPOUS-» SANTES, qui sont réciproques entre ces parties...» (*Opt. Quest. XXXI, pag. 566.*)

Newton qui n'avoit voulu exprimer par le mot *d'attraction* qu'une loi de la nature dont il falloit chercher la cause physique, en a usé de même pour la force qui fait éloigner quelques-uns de ces corps les uns des autres; il l'a appelée *force de répulsion;* mais il faut également en chercher la cause physique.

§. 615. Ses disciples ont été plus loin que lui; *Newton* avoit admis la possibilité du contact : « Les particules qui *dans le contact* sont le plus » fortement attachées, dit-il ». Mais plusieurs d'entre eux ont cru que les molécules des corps ne pouvoient jamais se toucher, et que la *force de répulsion* les tenoit toujours à une certaine distance les unes des autres, parce qu'elle augmentoit en raison inverse des distances : *Quoniam imminutis in infinitum distantiis*, dit Boscowich, *vis repulsiva augetur in infinitum : facile patet, nullam partem materiæ posse esse contiguam alteri parti : vis enim illa repulsiva protinus alteram ab altera removet.* (Theoria Philosophiæ naturalis, n°. 81.)

« Les distances pouvant diminuer à l'infini, la » force répulsive augmentera aussi à l'infini; d'où » il s'ensuit qu'aucune partie de matière peut être » contigue à une autre partie : car la force de » répulsion les éloigne sans cesse les unes des » autres ».

Cette hypothèse est absolument gratuite, et ne prouve nullement que toute contiguité entre les molécules des corps soit impossible, comme l'a avancé *Boscowich ;* mais, ajoute-t-il : « Si les » parties des corps se touchoient immédiatement, » elles correspondroient au même point de l'es- » pace, ce qui est contradictoire ». On sent que

cet argument n'est qu'une subtilité métaphysique.

« La ligne, disent les géomètres, est une suite de points ».

Or un de ces points n'est pas l'autre, mais lui est contigu.

La question se réduira donc à celle-ci.

« Peut-on dire que les corps se repoussent par » une force quelconque, comme on a avancé » qu'ils s'attirent par une autre force, de manière » qu'aucune partie de matière soit contiguë à une » autre ? »

Je ne le crois pas; la répulsion entre les différentes parties de matière n'existe pas plus que leur attraction : ce sont des effets qui dépendent d'une impulsion quelconque, dont il faut chercher à assigner la cause. Or, toute impulsion suppose contact.

Au reste, j'ai toujours de la peine à concevoir comment les mêmes physiciens admettent l'attraction et la répulsion entre les différentes parties des corps exister en même temps comme des qualités physiques.

C'est un fait incontestable, qu'en plusieurs occasions des parties de matière paroissent se repousser. Les poles de même nom de deux aimants se repoussent ; deux corps électrisés positivement ou négativement se repoussent.

On observe la même force de répulsion entre des corps hétérogènes; que sur un bassin d'eau tranquille on jette quelques gouttes de suc d'euphorbe, ou d'autres plantes laiteuses, on les voit s'écarter et s'éloigner avec rapidité....

Au contraire, deux gouttes d'un fluide homogène, comme du mercure, approchées l'une de l'autre, se confondent bientôt; tandis que deux gouttes de fluide hétérogène, comme d'huile et d'eau, ne se mélangent jamais: si on les agite ensemble, elles se divisent en petites parcelles, sans se mêler; et dès qu'on les laisse en repos, elles se réunissent chacune séparément.

Une multitude de faits prouve ces répulsions, dont il faut rechercher les causes physiques. Je crois qu'il en est de deux espèces; les uns dépendent des corps même qui se repoussent, les autres d'agens extérieurs. Examinons-les chacune en particulier.

§. 616. 1°. J'ai supposé que les molécules des corps sont constamment animées d'une force quelconque, parce que les forces des parties premières qui les composent ne sont jamais dans un parfait équilibre. Les centres de mouvement ne correspondent point aux centres de masse, d'où naît un mouvement giratoire

Supposons un fluide composé de molécules

sphériques, qui aient toutes un mouvement giratoire, plus ou moins rapide. On conçoit que les molécules de ce fluide doivent sans cesse se repousser, comme le font les totons sphériques ou toupies dont jouent les enfans; dans leurs mouvemens curvilignes, très-rapides, elles se repoussent aussi-tôt qu'elles se touchent.

La force de répulsion seroit donc essentielle à un pareil fluide.

Or nous verrons que le feu est un fluide semblable à celui que je suppose : ses molécules sont sphériques; elles sont animées d'une force considérable, qui leur donne un mouvement giratoire très-violent; elles doivent donc sans cesse se repousser, s'éloigner les unes des autres.

Cette même action sera la cause de leur force expansive, qui est également très-considérable.

Il peut exister, et il existe vraisemblablement d'autres fluides, dont les molécules ont, comme celles du feu, une force de répulsion et d'expansion; tels paroissent être le fluide électrique, le fluide magnétique, les différentes espèces d'air.

§. 617. 2°. Supposons maintenant les molécules de ces fluides répulsifs, assez subtiles pour s'insinuer entre les parties des autres corps; lorsqu'elles parviendront à en vaincre la force de

cohésion, à les rendre liquides, ou à les réduire à l'état aériforme, elles leur imprimeront la même force de répulsion et d'expansion.

Or c'est ce que produit le feu chaque jour; la plus grande partie des corps terrestres tend à se combiner, et se combine effectivement, lorsqu'ils sont abandonnés à leurs forces propres.

Mais le feu s'insinuant entre leurs parties, les dilate, les raréfie, les réduit à l'état de fusion ou d'expansion : pour lors leurs molécules acquièrent une force de répulsion, comme celles du feu lui-même; ou pour parler plus exactement, ce sont les molécules du feu qui font atmosphère à chaque molécule des autres corps, et leur communiquent une partie du mouvement dont elles sont animées.

Effectivement, la répulsion et l'expansion n'ont lieu ordinairement que lorsque les corps sont soumis à l'action du feu. Par conséquent le feu sera la cause principale de la force de répulsion et d'expansion.

Nous verrons que le fluide électrique favorise aussi la formation des vapeurs; il peut donc contribuer à la force d'expansion et à la force de répulsion.

Peut-être y a-t-il encore quelques autres fluides qui y contribuent également.

§. 618. TELLE me paroît être la seule maniere physique de concevoir l'action de ces forces de répulsion et d'expansion; mais elle indique qu'il y a *contact* entre les molécules de la mâtière, puisque les molécules du feu, du fluide électrique...... ne se repoussent entre elles, et ne repoussent les molécules des autres corps que par le moyen du contact.

Il y a des répulsions particulières produites par d'autres fluides dont nous devons aussi parler. Deux aimans, dont on approche les poles de même nom, se repoussent : deux corps électrisés positivement s'éloignent, ainsi que deux corps électrisés négativement; mais si l'un est électrisé positivement et l'autre négativement, ils s'attirent...

La plupart des physiciens supposent aujourd'hui, pour expliquer ces phénomènes, que les molécules du fluide magnétique se repoussent, que celles du fluide électrique se repoussent...Nous admettons ces suppositions, quelle que puisse être la cause de ces répulsions, qui vraisemblablement dépend du mouvement giratoire de leurs molécules.

Plusieurs autres fluides paroissent se repousser, ainsi que nous l'avons vu. On pourroit dire en général que tous les fluides hétérogènes se repoussent. Une molécule d'huile repousse une

molécule d'eau; des gouttes de suc d'euphorbe jetés sur un bassin d'eau se repoussent avec une très-grande force.

Il est à présumer que ces répulsions particulières dépendent des atmosphères des molécules de ces fluides. Supposons qu'elles se comportent comme les atmosphères des deux poles de même nom d'un aimant, ou comme les atmosphères de deux corps électrisés, soit positivement, soit négativement... on sent qu'elles exerceront les unes à l'égard des autres une force de répulsion. Or on doit supposer à ces corps de pareilles atmosphères, de quelque nature qu'elles soient.

§. 619. De tout ce que nous venons de dire, on doit conclure qu'il y a plusieurs fluides dont les molécules exercent les unes à l'égard des autres une force de répulsion considérable :

Que celui de ce fluide en qui cette force paroît la plus grande, est le feu ou le calorique :

Que ce feu ou calorique est la cause principale de la force de répulsion, qu'on observe entre les molécules de la plupart des corps :

Qu'il est également la cause de la force d'expansion.

Le fluide éthéré, au contraire, ou fluide gravifique, est la cause principale de la force de cohésion, ou de la dureté des corps.

Ces deux fluides seront par conséquent deux des plus grands agens de la nature, et leurs efforts seront toujours opposés.

Il faut donc supposer que chaque corps composé, et chaque molécule de ces corps, sont enveloppés de plusieurs fluides qui leur font atmosphère; mais parmi ces fluides on doit en distinguer deux particulièrement.

a Le calorique, ou fluide répulsif.

b Et l'éther, ou fluide gravifique.

Celui-ci, cause principale de la cohésion, fait des efforts continuels pour rapprocher les parties des corps.

Le premier, cause principale de la répulsion, agit sans cesse pour en écarter les parties.

Ces deux fluides se balanceront continuellement. L'action du calorique diminue-t-elle comme dans la formation de la glace? celle du fluide gravifique augmente; l'eau est congelée avec une force capable de faire éclater un canon de bronze. Cet effort prodigieux vient de l'action de l'éther ou fluide gravifique.

L'action du calorique augmente-t-elle? la glace fond; si cette action devient encore plus forte, l'eau sera réduite en vapeurs, et ces vapeurs déploieront toute l'énergie que nous leur connoissons. Tous ces effets sont dus au calorique.

Les forces de répulsion et d'expansion peuvent être diminuées par des agens extérieurs. On sait que l'eau entre d'autant plus difficilement en ébullition et en vapeurs, que le poids de l'atmosphère la comprime davantage; la même chose a lieu pour tous les autres corps. Le fluide électrique, comprimé par l'air atmosphérique, entre difficilement en expansion, tandis que dans le vide de la machine pneumatique, il donne une lumière diffuse...

Il y aura donc deux causes principales de la force de répulsion, comme il y en a deux de la force de cohésion.

I. La première dépendra du mouvement giratoire produit par la force propre des parties premières.

II. La seconde sera produite par les atmosphères particulières des différens fluides, sur-tout du calorique.

Tous les faits exposés jusques ici prouvent qu'il y a réellement contact entre les parties de la matière qui composent les corps; mais il reste à expliquer comment certains corps peuvent avoir une rareté immensément plus considérable que d'autres, ainsi que nous allons le voir.

DES AFFINITÉS.

§. 620. Tous les corps homogènes s'attirent, tous les corps hétérogènes se repoussent comme les anciens l'avoient déjà observé. Les chimistes modernes expriment cette force par le mot *affinité* : le fait est certain, mais la cause en est très-obscure.

Un aimant placé au milieu d'une quantité de limaille de fer, en attire les molécules; mais on observe qu'un autre aimant étant placé à côté de celui-ci, leurs poles opposés s'attirent, et leurs poles de même nom se repoussent.

Deux corps électrisés positivement ou négativement, se repoussent; mais si l'un l'est positivement et l'autre négativement, ils s'attirent.

Pourroit-on supposer que les atmosphères que nous venons de voir envelopper tous les corps agissent de même, que les unes s'attirent, que les autres se repoussent?

Supposons, par exemple, que les atmosphères des molécules d'eau s'attirent : si on met deux molécules d'eau l'une auprès de l'autre, elles s'approcheront et se mélangeront. Supposons que la même chose ait lieu pour tous les corps homogènes.

Supposons que les atmosphères des corps hétérogènes se repoussent; si on met une goutte

d'eau et une goutte d'huile l'une auprès de l'autre, leurs atmosphères se repousseront, et ces deux gouttes s'éloigneront.

Ces suppositions sont très-conformes à tout ce que nous connoissons sur les effets du fluide électrique, du fluide magnétique : nous pouvons par conséquent les admettre.

Nous pouvons donc supposer que les molécules de l'éther, c'est-à-dire de ce fluide actif, qui est la cause principale de la dureté des corps, ont également la propriété de se repousser en certaines circonstances, comme les fluides électrique et magnétique.

Cette hypothèse rendroit raison d'un des phénomènes les plus difficiles à expliquer. Les corps homogènes s'attirent et se mélangent, parce que les fluides qui leur servent d'atmosphères s'attirent comme les deux poles opposés de deux aimants, ou comme un corps électrisé positivement en attire un second électrisé négativement; et les corps hétérogènes se repoussent, comme deux corps électrisés positivement ou négativement (1).

(1) « Peut-être toutes les affinités chimiques dépendent-» elles de deux actions, l'une répulsive et l'autre attrac-» tive, analogues à celles que nous trouvons dans l'élec-» tricité et le magnétisme. (*Coulomb. Mém. Académ. de Paris*, 1785, *page 588*, *note*.)

Mais comment ces attractions et ces répulsions peuvent-elles s'opérer ? Nos connoissances ne sont peut-être pas encore assez avancées pour résoudre cette question. Nous avons supposé que c'est un effet du mouvement giratoire des molécules de ces fluides.

On pourroit encore expliquer quelques-unes de ces attractions et répulsions, par l'effet des différens fluides : nous avons vu que les atmosphères des corps et de leurs molécules sont composées de différens fluides ; les uns peuvent s'attirer, les autres se repousser.

DES SOLIDES.

§. 621. Plusieurs parties premières réunies par leurs forces propres, adhèrent entr'elles ; si cette adhésion est forte, elles formeront ce qu'on appelle des corps solides, des corps durs ; cette solidité sera plus ou moins grande, en raison de l'énergie de la force propre de chacune des molécules constituant mécaniquement ces solides, et de leur figure, qui les fait se toucher par des surfaces plus ou moins étendues.

Mais nous avons vu qu'il y a une autre cause de la cohésion des corps ; savoir, l'action des atmosphères particulières des molécules des corps composés. Or, il se présente ici une difficulté

considérable ; car que deviennent ces atmosphères, lorsque ces molécules se réunissent pour former une grande masse ?

Pour simplifier la chose, et ne laisser aucun doute, prenons l'aimant pour exemple. Supposons un pouce cubique d'aimant, ou de fer aimanté, composé d'un nombre n de molécules cubiques, et que chacune de ces molécules se touche par ses poles opposés. Par conséquent elles s'attirent par leurs forces magnétiques, c'est-à-dire, que leur fluide magnétique contribuera à leur dureté. Car chacune de ces molécules prise séparément a une atmosphère magnétique : c'est un fait incontestable.

Le problême à résoudre est celui-ci :

Que devient l'atmosphère magnétique particulière de chacune de ces molécules cubiques, lorsqu'elles sont toutes réunies pour former le pouce cubique d'aimant ?

Peut-on supposer que chacun de ces fluides continue à envelopper chaque molécule cubique, et les tienne séparées les unes des autres ?

Ou ces fluides refluent-ils tous à la surface totale du corps, excepté les portions qui se nichent dans les pores de ce corps ?

C'est cette dernière hypothèse qui me paroît la plus vraisemblable. Car il est certain qu'un gros aimant a plus de force qu'un petit : cette

force ne peut venir que d'une atmosphère plus considérable de fluide magnétique. Cette atmosphère sera donc composée de la réunion de toutes les atmosphères particulières de chaque molécule constituante de cette masse, dont une partie aura reflué à la surface totale du corps : les faits paroissent confirmer cette hypothèse.

La force des aimans n'est pas proportionnelle à leur grosseur ou solidité, mais à leur surface. Soient deux aimans cubiques A, B,, dont les côtés homologues soient comme 2 à 4, leurs surfaces seront comme 4 à 16, et leur solidité comme 8 à 64; leurs forces magnétiques ne seront point en raison de la solidité, c'ést-à-dire, comme 8 à 64, mais en raison des surfaces comme 4 à 16. Par conséquent, l'aimant B, dont la masse est 64, n'aura que quatre fois plus de force que l'aimant A dont la masse est 8.

D'où il faut conclure que dans cette hypothèse, la moitié de la force magnétique est absorbée; ce qui paroît devoir venir en partie, de ce que la moitié des atmosphères particulières de chaque molécule demeure nichée dans les pores de cet aimant, et ne peut agir au-dehors.

Je dis en partie, parce que l'action d'une sphère environnée d'un pareil fluide doit être considérée comme concentrée dans un seul point qui seroit au centre de la sphère. Par conséquent, la dis-

tance de ce centre à un corps placé à la surface de pareilles sphères, sera d'autant plus grande, que la sphère sera plus considérable, c'est-à-dire, qu'elle sera en raison du rayon de cette sphère.

En multipliant les expériences, pour déterminer la force respective d'aimans bien homogènes, en raison de leurs grosseurs, on pourroit peut-être déterminer la quantité de fluide magnétique qui reste dans son intérieur, et celle qui reflue à l'extérieur.

Ce que nous venons de dire du fluide magnétique, doit s'appliquer à tous les autres fluides qui forment les atmosphères des corps et de leurs molécules constituantes.

Chaque corps terrestre est chargé d'électricité, et a une atmosphère électrique. Chaque molécule de ces corps a également une atmosphère électrique. On doit faire pour les atmosphères électriques de ces molécules les mêmes raisonnemens que nous venons de faire pour les atmosphères magnétiques des molécules de fer.

Lorsque ces molécules par leur agrégation forment un corps, leurs atmosphères particulières se divisent donc en deux portions : l'une demeure interposée dans les pores du nouveau corps, et l'autre est repoussée à la surface. La

même chose a lieu pour les grands globes, comme nous le verrons.

Mais peut-on dire que la portion de ces atmosphères qui demeure interposée dans les pores de ces corps solides, en tienne les parties séparées, et empêche qu'elles ne soient contiguës? Cela est très-possible; néanmoins je ne le pense pas. Il me paroît que ces molécules des corps solides doivent être contiguës, et que la portion de leurs atmosphères qui reste dans l'intérieur, est simplement interposée dans les pores nombreux qui s'y trouvent, tandis que l'autre portion est repoussée au-dehors; mais il n'en est peut-être pas de même pour la plupart des fluides.

DES FLUIDES.

§. 622. LORSQUE les parties des corps ont une si foible adhérence entr'elles, qu'elles cèdent à la moindre impulsion, ce sont les fluides: elles ont cependant une certaine adhérence. Car un fluide diffère, par exemple, d'un monceau de sable très-fin, dont chaque grain n'a aucune adhésion avec son voisin. Les molécules des fluides affectent constamment la forme sphérique; ce qui est une suite de leur adhérence.

Il paroît que tous les corps de la nature, excepté le feu et les fluides subtils, abandonnés à eux-

mêmes, seroient solides. Car tous les fluides que nous connoissons, tels que l'eau, le vin, les huiles, le mercure... perdent leur liquidité par les froids connus, et les airs la perdroient peut-être par des froids plus vifs.

Un corps ne devient donc fluide, que lorsque la chaleur est assez forte, que le calorique a assez d'activité pour vaincre la force de cohésion qui en tient unies toutes les parties.

Il faut supposer chaque molécule des fluides sollicitée par deux forces; la première provient du fluide gravifique, qui les porte les unes vers les autres.

La seconde vient du feu ou calorique, ou *fluide répulsif*, qui les éloigne les unes des autres : le fluide électrique peut aussi y influer.

C'est comme lorsqu'un corps est dissous par un menstrue quelconque, les parties s'adhèrent par la force de cohésion; mais l'action du dissolvant est supérieure à cette force de cohésion, et sépare les molécules de corps dissous les unes des autres.

Il se peut même que dans cet état de dissolution, les parties du corps dissous ne soient plus contiguës. Supposons de l'essence... dissoute dans l'esprit-de-vin; leurs parties cessent de se toucher, les particules d'esprit-de-vin les séparent : de même un métal étant dissous dans un acide,

ses molécules sont séparées par celles de l'acide; et ne sont plus contiguës.

Ainsi, lorsqu'un corps est dissous par la chaleur pour passer à l'état de fluidité, il est vraisemblable que chacune de ses parties est séparée par le calorique, et qu'il n'y en a aucune qui se touche.

Quant aux atmosphères particulières de chacune des molécules du fluide, il doit arriver la même chose que pour les solides; une partie de ces atmosphères est repoussée à la surface de la masse totale du corps, et l'autre se niche dans ses pores: c'est ce qui arrive à une masse d'eau électrisée.

Il se peut que cette dernière partie contribue à tenir séparées les molécules du fluide, comme le fait le calorique, les empêche de se toucher, et leur fasse affecter la forme sphérique, tandis qu'une autre partie, l'éther, ou fluide gravifique, les tient adhérentes les unes aux autres.

DES CORPS A L'ÉTAT AÉRIFORME.

§. 623. Lorsque la chaleur est encore augmentée, les corps qui y sont soumis passent à l'état aériforme, et acquièrent une dilatation immense. L'eau à l'état aériforme éprouve une dilatation qui lui donne un volume treize à qua-

torze mille fois plus considérable qu'elle ne l'avoit auparavant, et peut-être davantage. On n'a pas encore calculé la dilatation qu'éprouvent les autres corps, en passant à l'état aériforme; elle est certainement aussi très-considérable.

Les parties des corps en cet état sont extrêmement dilatées et raréfiées; elles sont écartées les unes des autres par des fluides expansifs qui les tiennent ainsi éloignées.

On les considère ordinairement comme des vapeurs vésiculaires; ce sont de petites vésicules remplies intérieurement de fluides subtils quelconques, et dont l'enveloppe extérieure est la matière même du corps aériforme.

Il faut comparer ces vapeurs vésiculaires aux bulles de savon, dont l'intérieur est rempli d'air, et l'enveloppe extérieure est cette même eau de savon.

Qu'on mette dans un vase une eau colorée, comme une infusion de café bouillante, et qu'on en observe les vapeurs; plusieurs retombent sur la surface de la liqueur, et y roulent comme des ballons; c'est ce qu'on distingue très-bien avec la loupe, comme l'ont observé *Ktratzenstein* et plusieurs autres physiciens.

Ktratzenstein a cherché à déterminer l'épaisseur de la couche extérieure de ces vésicules;

il l'estime être environ la cinquante millième partie d'un pouce.

Il a ensuite cherché à déterminer le diamètre de chacune de ces vésicules; il la croit être la trois mille six centième partie d'un pouce.

Ces estimations sont sans doute éloignées de la précision; mais il est vraisemblable que ces vésicules n'ont pas toujours le même diamètre, et que leur enveloppe n'a pas constamment la même épaisseur.

Il reste à rechercher quelle est la nature du fluide, ou des fluides qui remplissent ces vésicules.

Il ne paroît pas douteux que le calorique n'en soit le principal agent, puisque les corps ne passent à l'état de vapeurs vésiculaires que par son concours.

Mais d'un autre côté, il est également constant que tous les corps passant à l'état de vapeurs, produisent de l'électricité. De l'eau jetée sur un corps incandescent est réduite en vapeurs, se charge d'une électricité, et même assez forte. Il se trouve donc beaucoup de fluide électrique dans ces vapeurs; ce fluide enveloppera ces particules d'eau, comme il enveloppe tous les corps électrisés; mais il les enveloppera à l'intérieur de ces vésicules, comme à l'extérieur. On peut donc regarder comme certain que l'intérieur de ces

vésicules contient une quantité considérable de fluide électrique qui lui forme une atmosphère comme à l'extérieur. D'autres faits confirment ces apperçus : les vapeurs vésiculaires se soutiennent long-temps dans un air froid. Or si elles n'étoient remplies que du calorique, elles se condenseroient aussi-tôt que le calorique les abandonneroit, comme cela doit avoir lieu dans cette circonstance.

On concevra facilement d'après ces faits, la manière dont sont produites ces vésicules : elles le sont à-peu-près comme les vésicules d'eau de savon; l'air introduit dans cette eau, fait effort en tout sens : il doit donc chercher à faire affecter la forme sphérique à cette eau qui lui sert d'enveloppe : de même que lorsque le verrier souffle dans sa canne, le verre prend la forme sphérique : (elle s'allonge seulement un peu par le poids de la matière.)

Les choses se passent de même dans les vapeurs vésiculaires ; le calorique et le fluide électrique y produisent le même effet que l'air dans les bulles de savon. Les figures primitives des molécules des corps aériformes, qu'elles soient triangulaires, rectangulaires, ou rhomboïdales, comme nous avons vu qu'elles sont toutes, y sont indifférentes, parce qu'elles ont un mouvement continuel qui leur est imprimé par le

calorique et le fluide électrique, et qu'elles ne peuvent point se rapprocher comme dans la cristallisation, et prendre des formes régulières; car il est certain que les molécules d'or, d'argent.... par exemple, ont une de ces trois formes primitives, et qu'elles sont néanmoins réduites en vapeurs vésiculaires : les molécules de l'eau doivent également avoir une de ces formes, puisqu'elles cristallisent...

Plusieurs des autres fluides qui peuvent servir d'atmosphères à ces corps, doivent aussi contribuer à donner la forme sphérique aux vapeurs vésiculaires, comme ils contribuent à donner la même forme sphérique aux molécules des fluides et des liquides; parce qu'une partie de ces atmosphères, sur-tout le fluide gravifique, repousse chaque molécule du fluide vers un seul centre.

Mais tous les fluides aériformes ont une force expansive immense. On connoît toute la force des vapeurs de l'eau dans la pompe à feu; celles des autres corps réduits à l'état aériforme ont la même énergie. Or la cause de ce phénomène est très-difficile à concevoir; car les fluides quelconques qui remplissent ces vapeurs vésiculaires, sur-tout le calorique, sont très-subtils. Ils traversent des corps beaucoup plus denses que les enveloppes de ces vésicules : il paroîtroit donc

qu'ils devroient plutôt s'échapper de ces vésicules, que de surmonter de si grandes résistances.

On ne peut répondre à cette difficulté, qu'en disant que les fluides qui remplissent les vapeurs vésiculaires, ont une grande affinité avec ces corps. En conséquence, ils s'y unissent fortement : nous voyons l'adhésion forte du fluide électrique aux corps électrisés, du fluide magnétique aux corps aimantés...

Le calorique adhère avec la même force aux molécules des corps ; et il les tient éloignées par sa force répulsive, malgré les efforts de la force du fluide gràvifique qui les rapproche.

C'est cette même énergie du calorique qui, lorsqu'elle est assez considérable, réduit les corps en vapeurs, et les tient à un état d'expansion. Le fluide électrique... et peut-être d'autres, y contribuent pareillement.

La pression de l'air atmosphérique est un obstacle à l'état aériforme des corps. On a observé, par exemple, que l'eau exige d'autant plus de chaleur pour entrer en ébullition, et être réduite en vapeurs, que le baromètre est plus élevé. On calcule ordinairement que l'eau entre en ébullition à 80° du thermomètre de *Réaumur*, au niveau de la mer, ou lorsque le baromètre est à 28 pouces ; mais sur les lieux élevés, où

le baromètre est plus bas, elle bout à un moindre degré de chaleur. Sur le Mont-Blanc où le baromètre se soutient à 16 pouces $\frac{144}{160}$ lignes, l'eau bout à 68 degrés.

La cause de ce phénomène est facile à saisir; les vapeurs sont dues à des fluides expansifs dont la force est plus ou moins considérable. Or cette force est ici contrebalancée par une force opposée, la pression de l'air atmosphérique; cette pression diminuera donc l'action de la première force : il faudra donc une plus grande quantité de ces fluides expansifs pour produire ébullition et vapeurs; et cette quantité sera proportionnelle à l'obstacle qu'apportera la pression de l'air atmosphérique.

DE LA DENSITÉ ET DE LA RARETÉ DES CORPS.

§. 624. Un corps peut, sous le même volume, contenir une quantité plus ou moins grande de matière; c'est ce qui constitue sa densité ou sa rareté : cette question présente de grandes difficultés.

Si on suppose un certain nombre de molécules cubiques, ou parallélipipèdes rectangles, ayant les mêmes dimensions, et se touchant par leurs

surfaces planes, elles constitueront un plein parfait et sans vide.

Si on suppose, au contraire, ces molécules sphériques, et occupant le moins d'espace possible, c'est-à-dire, empilées comme des boulets de canon, les espaces qui se trouveroient entre elles, seroient au plein, comme 20 à 27, c'est-à-dire, que dans un tout composé de pareilles molécules, le plein seroit 27, et le vide seroit 20, ou plus exactement le plein seroit 65201, et le vide seroit 48280 (1).

On peut pareillement calculer le plein et le vide que donneroient d'autres figures régulières, en leur supposant également des juxta-positions régulières : c'est l'objet du travail des cristallographes.

Mais il paroît que dans la plupart des corps qui existent, les choses sont bien autrement : il y a peu de plein et beaucoup de vide ; néanmoins nous avons vu (§. 17.) que les molécules constituant mécaniquement les corps, sont des corps réguliers, et que leur position s'opère suivant des règles constantes. Or, ces juxta-positions laissent beaucoup plus de plein que de vide : car que ces molécules soient, comme je le pense, des lames triangulaires, des lames rectangulaires,

(1) Le Sage.

et des lames rhomboïdales, ou des petits solides, elles se joignent par des faces planes, et laissent fort peu d'intervalles; il n'est cependant pas douteux que dans tous ces corps le vide surpasse prodigieusement le plein : ces vides doivent donc exister, principalement dans les molécules constituantes elles-mêmes.

Prenons pour exemple, l'or lui-même dont la densité est si considérable; elle est 19360, celle de l'eau étant 1000. Nous la supposerons 20, celle de l'eau étant 1, pour la commodité du calcul; néanmoins ce métal a une telle quantité de pores, que l'eau peut le traverser. L'académie d'Elcimento fit faire avec une lame de ce métal une sphère creuse; on la remplit d'eau et on la ferma; elle fut ensuite placée sous une presse : la boule s'applatit, et l'eau suinta par les pores de l'or. Si on verse une goutte de mercure sur une feuille d'or, le mercure se combine avec lui, et entre dans ses pores...

L'air atmosphérique est environ 870 fois plus léger que l'eau; sa densité sera donc environ dix-sept mille fois moindre que celle de l'or.

L'air inflammable est au moins douze fois plus léger que l'air atmosphérique; il sera donc environ deux cent mille fois plus léger que l'or.

Boile est parvenu à dilater l'air atmosphérique dix mille fois plus que dans son état naturel, par

le moyen de la machine pneumatique. Il étoit donc 17,000 × 10000, c'est-à-dire, environ cent soixante et dix millions de fois plus rare que l'or.

La matière de la lumière est encore beaucoup plus rare que toutes ces substances; car elles sont contenues dans des vaisseaux, soit de verre, soit de métal, que la lumière traverse avec la plus grande facilité. Nous n'avons point de données certaines pour estimer la rareté du fluide lumineux.

Nous verrons qu'on peut la supposer un milliard de fois plus considérable que celle de l'air atmosphérique. (§. 708.)

Par conséquent, il sera 17.000,000,000,000 plus rare que l'or.

Le feu paroît aussi rare que la lumière, et peut-être plus.

L'éther est peut-être un milliard de fois plus rare que le fluide lumineux.

Nous avons encore une preuve de la grande activité de ces fluides, par le peu de résistance qu'ils opposent au mouvement des corps. Une plume tombe aussi vîte que l'or dans les fluides contenus sous le récipient de la machine pneumatique où on a fait le vide, c'est-à-dire, où on a enlevé la plus grande partie de l'air atmosphérique.

Et néanmoins l'or n'est pas le corps le plus

dense que nous connoissions ; la platine l'est plus que lui : et vraisemblablement il existe dans le centre de la terre des corps beaucoup plus denses.

Si on me demande comment il peut exister des fluides aussi rares, je répondrai que *Newton* suppose : « Que l'air atmosphérique à la hauteur de 240 » milles anglais, est 1,000,000,000,000,000,000 » fois plus rare qu'à la surface de la terre ». (*Optiq. Quest. XXVIII.*)

Or, il s'agit maintenant de chercher à concevoir comment sont construits des corps qui ont un tel nombre de pores, qu'il y a mille, un million, cent millions, peut-être un million de milliards de fois plus de vide que de plein.

Il se présente trois explications de ce phénomène :

La première est de supposer avec *Euler* que ces fluides si rares sont différens du reste de la matière (§. 604.) ; mais cette hypothèse ne paroît nullement fondée.

La seconde est de supposer dans ces corps un arrangement des molécules qui laisse cette prodigieuse quantité de vide.

La troisième est de supposer que les parties des corps ne se touchent pas ; et ceci peut être conçu de deux manières.

Ou on supposera avec *Boscowich* une force

de répulsion qui tienne toutes les parties des corps éloignées, et empêche tout contact; mais nous avons vu que cette idée s'éloigne de toutes les notions physiques qui paroissent les mieux fondées.

Ou on suppose que c'est le feu ou tout autre fluide subtil, qui en s'insinuant entre les parties des corps, les tient séparées; mais ce feu, ou ces autres fluides, sont eux-mêmes des corps: ainsi ce n'est qu'éloigner la difficulté. On demandera d'où vient la grande rareté de ces fluides; car, puisqu'ils sont des corps, ils pourroient être solides et sans pores, comme nous avons supposé que le sont les molécules premières, ou au moins ayant peu de pores.

Il faut donc revenir à la seconde hypothèse, et chercher quelle peut être la structure des corps, pour que quelques-uns aient une si grande quantité de pores.

Keil a cherché à prouver qu'avec un pouce cubique de matière solide, sans pores, on pourroit, en la divisant et la sous-divisant, lui donner une étendue égale à celle du monde connu (1).

Divisons effectivement par la pensée ce pouce cubique en parties parallélipipèdes d'une ligne sur un pouce de longueur; nous aurons 144

(1) Keil.

solides rectangulaires d'une ligne de largeur; d'une ligne d'épaisseur et d'un pouce de longueur. Arrangeons-les de manière qu'ils ne se touchent que par leurs extrémités; ils formeront des espaces cubiques d'un pouce, qui seront vides dans l'intérieur.

Sous-divisons chacun de ces parallélipipèdes, et au lieu de leur donner une ligne de largeur et de profondeur, ne leur supposons que la millième, la millionième, ou plutôt $\frac{1}{10000000000}$ ... partie d'une ligne : nous multiplierons les espaces vides, et nous remplirons le monde.

C'est d'une manière approchante qu'on doit concevoir la structure des corps si rares : je ne dis pas que les vides soient des espaces cubiques réguliers, ou aient toujours une figure régulière; mais il faut supposer leurs molécules alongées, et ne se touchant le plus souvent que par leurs extrémités.

La dilatation des corps par la chaleur, et leur condensation par le froid, vont confirmer de plus en plus ce que nous venons de dire.

DE LA CONDENSATION DES CORPS PAR LE FROID, ET DE LEUR DILATATION PAR LA CHALEUR.

§. 625. Tous les corps sont dilatés par la chaleur, et condensés par le froid; mais un corps ne devient froid que par l'absence du feu : car on n'admet plus de parties frigorifiques. Or les molécules du feu s'interposent entre celles des autres corps, les tiennent séparées, éloignées, et augmentent leur volume. On peut concevoir son action, comme celle des molécules de l'eau dans un corps hygrométrique; l'eau s'insinue entre les parties de ce corps, les écarte les unes des autres, et augmente ainsi le volume entier de ce corps.

L'action du feu diminuée, ses molécules dissipées, la force de cohésion du corps, c'est-à-dire celle du fluide gravifique, agit de nouveau; le corps se condense, et revient à son premier volume : cette condensation et cette dilatation ont de certaines limites.

On connoît le maximum de dilatation d'un corps hygrométrique. Prenons pour exemple le cheveu hygrométrique; ce cheveu acquiert son maximum hygrométrique, lorsqu'il est exposé sous une cloche à la vapeur de l'eau; ce

terme arrivé, l'eau ne produit plus aucun effet sur lui.

Le chêveu hygrométrique desséché se condense ; mais cette condensation se tient également dans certaines limites, passé lesquelles l'effet devient nul.

La même chose doit avoir lieu pour le froid. Supposons un morceau d'or, par exemple, d'un pouce cubique, échauffé à un degré quelconque : qu'on le laisse refroidir, il se condensera ; mais cette condensation a des limites.

Nous ne pouvons néanmoins pas assigner ces limites, parce que nous ignorons si nous pouvons produire un froid, tel qu'il fasse éprouver aux corps qui y sont exposés, la plus grande condensation possible, comme il paroît qu'on peut produire dans un corps hygrométrique un desséchement tel qu'il ne puisse plus éprouver de plus grande condensation.

Il est vraisemblable qu'on ne peut pas arriver à un froid absolu, c'est-à-dire dépouiller un corps de toute portion de calorique ; mais on peut au moins produire un froid tel que les corps qui y sont soumis, n'éprouvent plus aucune condensation sensible : car lorsqu'on a congelé le mercure, par exemple, on a observé que, passé certaines limites, il ne se condense plus d'une manière sensible.

Or, je dis que lorsqu'on est arrivé à ces limites, à ce degré de froid, l'effet du feu est comme nul sur ces corps relativement à la condensation.

Mais quelles sont ces limites où la condensation n'auroit plus lieu ? Nous les ignorons. On pourroit peut-être dire qu'en dernière analyse cette condensation pourroit s'étendre jusqu'au point où le corps seroit censé être sans pores, où ses molécules seroient toutes contiguës, en supposant assez d'énergie à la force de cohésion : car la force de condensation n'est autre chose que la force de cohésion, qui, n'étant plus balancée par les efforts du calorique, ou fluide répulsif, agit avec toute son énergie.

Cette force est très-considérable ; on en a la preuve dans une expérience fameuse, celle d'un canon qu'on remplit d'eau, et qui éclate par la congélation de cette eau.

Nous ignorons également le terme où la dilatation, produite par la chaleur, cesseroit d'avoir lieu.

Supposons un corps métallique, de l'or, par exemple, ayant zéro de chaleur ; qu'on l'échauffe par degrés, il se dilatera jusqu'à ce qu'il devienne fluide ; si on continue de l'échauffer, il se dilatera encore, et enfin il sera réduit en vapeurs.

Parvenu à cet état aériforme, il se dilate en-

core. Nous ignorons les limites de cette dilatation.

Mais cette dilatation a-t-elle des limites? Nous n'avons à cet égard aucunes données certaines.

§. 626. Tous ces faits prouvent que les forces qu'emploie la nature, ont une énergie qu'on ne soupçonne pas communément. La force de cohésion qui porte les parties des corps les unes vers les autres, et cause leur dureté, a la plus grande intensité, puisqu'elle peut faire éclater un canon de bronze très-épais, dans l'expérience où on le remplit d'eau qu'on fait congeler : c'est la force du fluide gravifique.

Néanmoins cette force de cohésion est sans cesse vaincue par la force de répulsion, ou le calorique; l'eau se tient liquide à une température très-peu élevée. Quelle est donc la force de ce calorique pour surmonter avec tant de facilité cette force de cohésion? Cette même énergie du calorique s'observe encore dans l'effet des vapeurs.

Ce sont ces forces du fluide gravifique et du fluide calorique qui sont les plus grands agens de la nature, et qu'il faudroit pouvoir apprécier : leur action se balance sans cesse dans les phénomènes naturels.

Néanmoins si nous voulons entrevoir les causes

de ces effets, il faut analyser la structure des corps pour concevoir la manière dont agissent ces forces, et en assigner les limites.

Les parties premières sont sans vide, sans pores, et ne changent point de figure. Si nous supposons plusieurs de ces parties cubiques, et réunies par une force de cohésion, elles formeront un tout sans vide, si elles se touchent par leurs surfaces planes; dès-lors il n'y a plus de condensation possible.

Si ces parties sont sphériques, les vides seront au plein comme 20 à 27; et quelque force de cohésion qu'on suppose, le corps ne pourra se condenser.

Si nous supposons que ces parties sont des parallélipipèdes très-alongés et entrelacés irrégulièrement, la force de cohésion pourra les comprimer peu à peu, et enfin les amener à se toucher par toutes leurs surfaces; la condensation pourra donc avoir lieu; elle se continuera jusqu'à ce que le corps soit arrivé au point que ses molécules occupent le moins d'espace possible, à raison de leurs figures.

Mais les molécules des corps terrestres et leur masse sont compressibles : car on doit distinguer dans un corps la condensation que peut éprouver chacune de ses molécules constituantes, et la condensation que leur masse peut éprouver

par leurs différentes positions, leurs divers arrangemens.

Prenons le sel marin cubique pour exemple : il est composé de parties cubiques; chacune de ces parties cubiques touche l'autre par toutes ses faces; ainsi il n'y a point de vide entre elles, en supposant ces faces bien polies: si chacune de ces parties cubiques étoit également sans vide, ce cube de sel marin ne pourroit êsre condensé.

Mais chacune des petites molécules cubiques pourra être condensée, parce qu'elle a des pores: par conséquent, la masse entière pourra l'être également.

Prenons maintenant le fluor octaèdre, et supposons sa molécule constituante être également octaèdre; il est démontré que dans cette hypothèse, les vides que laisseroient entre elles ces molécules octaèdres seroient au plein dans le rapport de $\frac{1}{5}$ à $^{3}8^{n}$ à $\frac{2}{5}$ à $^{3}8^{n}$, c'est-à-dire qu'ils en seroient presque la moitié (1). Si on supposoit une force extérieure, comprimant cet octaèdre, et qu'elle fût supérieure à la force de cohésion de chacune de ses molécules octaèdres, celles-ci perdroient leurs formes octaèdres, et seroient forcées de remplir les vacuoles qui les

(1) *Hauy*, Structure des cristaux, page 142.

séparent. Ce fluor perdroit donc à-peu-près la moitié de son volume par cette compression.

Mais il ne paroît pas que jamais la condensation opérée par le froid fasse perdre aux molécules des corps leurs figures primitives. Un fluor octaèdre, exposé au froid le plus vif, conserve sa forme; d'où on doit conclure que la force de cohésion qui porte les molécules constituantes de ce fluor les unes vers les autres, n'est pas plus forte que celle qui forme l'agrégation de ces molécules constituantes elles-mêmes, et même ordinairement lui est inférieure.

Chaque molécule de ce fluor est composée d'acide fluorique et de terre calcaire caustique (§. 552.) : supposons la force de l'acide fluorique = A, celle de la terre calcaire = B, la force de combinaison de la molécule sera donc = A B.

Mais cette molécule conserve encore une force quelconque X, par le moyen de laquelle elle se combine avec les autres molécules semblables à elle.

Je dis que la force X est la force de cohésion du fluor, celle qui lui donne sa dureté.

Or cette force X n'est que l'excédent de la force A sur la force B, ou réciproquement : donc cette force X est toujours inférieure à la force

A B; elle ne peut donc faire perdre à la molécule M sa forme octaèdre primitive.

Telles sont les limites de la condensation que peut opérer le froid sur un corps; chacune des molécules constituant mécaniquement un cristal, peut être condensée; elle occupera par conséquent moins de place : tout le corps diminuera de volume; mais la molécule ne perdra point sa forme; et tous les vacuoles qui existent entre ces molécules à raison de leurs figures, subsisteront.

Néanmoins on peut me faire une objection solide, fondée sur les phénomènes que nous avons exposés (§. 611.); chaque molécule des corps a une atmosphère particulière.

Or les molécules de cette atmosphère doivent se trouver interposées entre celles de ces corps solides; elles la tiendront donc éloignées, et les empêcheront d'être contiguës.

La réponse à cette objection se trouve dans ce que nous avons dit (§. 621.); nous avons vu qu'il paroît que dans l'agrégation des corps, la plus grande partie des atmosphères de chacune de leurs molécules est repoussée à l'extérieur pour former l'atmosphère totale du corps; que l'autre partie demeure interposée dans les pores de ce corps, et n'en tient point les molécules éloignées les unes des autres, tant qu'ils sont à l'état de solidité.

Mais l'action que la chaleur produit sur les corps paroît offrir plus de difficulté, parce qu'on ne conçoit pas qu'un corps puisse être échauffé, sans qu'il soit pénétré par le feu; et voici les questions qui se présentent.

Peut-on dire que les molécules des corps imprégnés de calorique ne sont point contiguës, mais qu'elles sont toujours séparées par le calorique, ou tout autre fluide ?

Peut-on dire au contraire qu'elles sont toujours contiguës ?

Je pense que, dans ce cas, l'action du calorique doit être envisagée comme celle de l'eau dans un corps hygrométrique : un morceau de bois sec, par exemple, est plongé dans l'eau : il se gonfle; cependant ses parties ne cessent point de se toucher; mais l'eau s'insinuant dans les pores, les distend, comme le fait par exemple l'air dans le poumon, ou, comme le fait ce même air dans une suite de vésicules qui sont contiguës, et qui sont comprimées par un poids.

Tel est l'effet de l'eau sur un corps hygrométrique.

Mais plonge-t-on dans l'eau un corps qui y est soluble, par exemple un sel ? L'eau non-seulement s'insinue entre ses parties, mais elle les sépare les unes des autres; et elles n'ont plus d'adhésion, elles ne sont plus contiguës.

Je crois que le calorique, tant qu'il n'est qu'à un certain degré, dilate les corps comme l'eau dilate les corps hygrométriques; et que dans ce cas-ci, comme dans l'autre, les molécules de ces corps demeurent contiguës.

Mais lorsque la chaleur est assez considérable pour qu'il y ait une fusion, l'adhésion entre les parties des corps cesse, et chacune d'elles est séparée par des molécules du calorique : ainsi les molécules d'un métal en fusion ne sont point contiguës, mais sont séparées par le calorique : au lieu que dans le métal qui n'est que dilaté, elles ne cessent pas d'être contiguës.

On peut objecter que ma comparaison n'est pas juste dans plusieurs cas; une suite de vésicules, dit-on, peuvent bien être enflées par l'air; mais comment le seroit un corps composé régulièrement; par exemple, un corps qui ne seroit composé que de lames rectangulaires ? Prenons un cube de sel marin, un cube de galène; toutes leurs molécules sont des lames rectangulaires, juxta-posées régulièrement, pour former le cristal entier. On ne peut concevoir que l'eau dilate un cube de sel marin, en le supposant hygrométrique, qu'autant qu'elle s'insinueroit entre chacune de ces lames rectangulaires, lesquelles dès-lors cesseroient d'être contignës.

Il ne paroît pas que l'eau produise cet effet hygrométrique sur ce sel, au moins dans son intérieur.

Mais ce sel, comme le cube de galène, peut être dilaté par la chaleur, et condensé par le froid. Il s'agit de savoir comment le calorique produira cette dilatation. S'interposera-t-il entre chacune des molécules de cette galène, de manière qu'elles cessent d'être contiguës? Car on ne conçoit pas qu'on puisse dilater autrement plusieurs petits cubes placés les uns à côté des autres.

Je réponds qu'effectivement il ne paroît pas que ces petits cubes puissent être dilatés que par une matière qu'on supposeroit empêcher leur contiguité; et c'est ce qui ne me paroît pas être, tant que le corps n'est pas réduit à l'état de liquidité. Aussi pensai-je que la dilatation dans ces cas et la condensation, s'opèrent sur la molécule rectangulaire elle-même; ces molécules sont dilatées par le calorique, ou se condensent par son absence. Ainsi la masse entière occupe plus ou moins d'espace.

Mais lorsque le calorique est augmenté, la fusion arrive, et chaque molécule est pour lors séparée par des portions du calorique.

Enfin, lorsque le calorique a encore plus d'activité, il se forme des vapeurs vésiculaires, rem-

plies intérieurement de calorique, de fluide électrique, et composées à l'extérieur des molécules du corps.

Nous devons conclure de tout ceci que la masse de matière existante est beaucoup plus considérable que ne le supposoit *Keil*, quoique nous ne puissions estimer sa quantité.

DES CORPS ÉLASTIQUES.

§. 627. Tous les corps dont nous venons de parler, soit fluides, soit mols, soit durs, peuvent avoir un degré plus ou moins considérable d'élasticité; c'est-à-dire que lorsqu'ils sont comprimés, ils reviennent sur eux-mêmes avec plus ou moins de force.

Le mécanisme de l'élasticité est une suite de l'agrégation des corps; toutes les parties d'un corps tendent les unes vers les autres par la force de cohésion. Un agent extérieur vient-il déranger leur position mutuelle par une force supérieure à la leur? elles sont obligées de céder; mais l'action de cette puissance extérieure passée, leurs forces propres, leurs forces de cohésion reprennent leur première énergie, et le corps recouvre sa forme primitive.

Une bille de marbre, qui tombe sur un bloc de la même matière, perd momentanément sa

sphéricité; elle prend une figure elliptique, dont le petit axe est perpendiculaire au plan sur lequel elle a frappé ; mais ses parties revenant avec force sur elles-mêmes, font des oscillations qui donnent à la masse une figure elliptique, dont le grand axe se trouve perpendiculaire au plan de la chûte. La bille fera de cette manière plusieurs oscillations qui changent sans cesse sa figure elliptique, jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli.

La même chose a lieu pour un cerceau qu'on comprime, et qu'on abandonne ensuite.

Si le corps a une grande élasticité, il reviendra à-peu-près au même état où il étoit avant la compression, comme cela a lieu pour la bille de marbre.

Si cette élasticité est très-petite, ou presque nulle, il demeurera dans l'état où l'aura réduit la compression : c'est ce qui arrive à une bille de plomb...

Les physiciens ont supposé des corps parfaitement durs, dont par conséquent les parties ne cèdent à aucun choc, et qui sont sans élasticité ; mais nous n'en connoissons aucun de cette espèce, excepté les parties premières de matière. Tous les corps durs connus cèdent plus ou moins au choc, et ont une élasticité plus ou moins considérable.

La même chose a lieu pour les fluides : ils ont

tous plus ou moins d'élasticité. Le fluide lumineux paroît très-élastique ; l'air l'est un peu moins : l'eau, les fluides aqueux, le vin, l'huile, &c... ont plus ou moins d'élasticité; mais le fluide gravifique paroît avoir une élasticité plus parfaite, peut-être est-elle au maximum.

L'élasticité est donc une suite de l'agrégation des corps; par conséquent elle est un effet de la force de cohésion, ou de l'action du fluide gravifique.

Les autres fluides qui composent les atmosphères particulières de chacune des molécules du corps électrique, ou non électrique, doivent aussi influer sur ces phénomènes : car la portion de ces atmosphères, qui demeure interposée entre les molécules de ces corps, sera dérangée par ce choc; elle cherchera à reprendre sa place, et contribuera ainsi au rétablissement du corps dans son premier état.

Supposons que ces corps choqués soient deux billes d'aimant, ou d'acier aimanté: leur fluide magnétique sera dérangé; mais cherchant à reprendre sa première position, il ramènera les parties de ces aimans à leur situation première.

La même chose arriveroit à deux molécules électrisées, l'une positivement, et l'autre négativement.

Tous les autres fluides qui composent ces at-

mosphères, doivent se comporter de la même manière.

DES LOIX DU MOUVEMENT DES SOLIDES.

§. 628. L'EFFET de la force propre de chaque partie de matière est leur mouvement. Nous en avons parlé jusqu'ici : il ne s'agira donc dans cet article que du *mouvement communiqué par l'impulsion*.

Un corps qui est supposé en repos, n'en sortira pas de lui-même ; mais il y persistera, si nul agent ne vient le tirer de cet état. On sent par ce qui a été dit précédemment qu'un corps ne peut paroître en repos que parce que toutes les parties qui le composent sont *in nisu*.

Par la même raison, un corps en mouvement ne sauroit le perdre ; il le conservera jusqu'à ce qu'il en rencontre d'autres auxquels il le communique.

Un corps persistera donc dans son état de repos ou de mouvement, si nulle cause extérieure n'agit sur lui : c'est ce qu'on appelle force d'inertie, *vis inertiæ ;* mais ce mot *force* me paroît ici impropre : il indique une action, et l'inertie est quelque chose de passif.

Pour mouvoir deux corps semblables avec la

même vîtesse, il faudra que chacun ait la même force : cette force F s'estime donc toujours par la masse M multipliée par la vîtesse V, on aura F = M × V. Par conséquent, deux corps dont les masses et les vîtesses sont en raison réciproque, se feront équilibre : c'est la théorie du lévier ; c'est cet équilibre des forces dans les solides qui est l'objet de la statique.

« L'équilibre, dit *la Grange*, résulte de la » destruction de plusieurs forces qui se combat- » tent, et anéantissent réciproquement l'action » qu'elles exercent les unes sur les autres. Le but » de la statique est de donner des loix, suivant » lesquelles cette destruction s'opère; ces loix » sont fondées sur des principes qu'on peut ré- » duire à trois ; celui de l'équilibre dans le lévier, » celui de la composition du mouvement dans les » chocs des corps, et celui des vîtesses virtuelles ». (*Mécanique analytique*, *pag.* 2.)

On appelle vîtesses virtuelles les loix de l'équilibre entre plusieurs corps, telles que leurs forces mutuelles se balancent et se font équilibre.

Ce sont ces loix qui animent toute la nature : par-tout les forces des corps se balancent, se font équilibre ; c'est ce qui y entretient cette uniformité admirable que nous observons.

Ces forces sont quelquefois accélérées ou re-

tardées, et produisent des mouvemens variés : c'est l'objet de la dynamique qui s'occupe des forces accélératrices ou rétardatrices, et des mouvemens qui en résultent ; elle les considère surtout dans la chûte des corps, vers les centres des grands globes.

§. 629. La première question qui se présente est d'estimer la vîtesse d'un corps en mouvement ; elle se calcule par l'espace parcouru en un temps donné.

La vîtesse des corps dans les opérations de la nature varie prodigieusement ; la plus grande que nous connoissions, seroit celle de la lumière dans l'hypothèse de *Newton*...

Pour estimer la vîtesse d'un corps, il faut d'abord reconnoître qu'un corps ne sauroit être dans le même moment en deux lieux à la fois. Supposons l'espace divisé en des *minimum* d'étendue qui seront des parties $\frac{1}{a}$, aussi petites qu'elles puissent être. Supposons également le temps où la durée divisée en parties aussi petites qu'elles puissent être $\frac{1}{a}$, que nous appellerons un *instant*, un *minimum de durée*. La vîtesse la plus prompte sera celle où un corps ne demeurera qu'un minimum de durée sur un minimum d'espace. Le corps qui demeurera deux minimum de durée sur un minimum d'espace, n'aura qu'une

vîtesse moitié moindre ; enfin, celui qui demeureroit un maximum d'instant ou de minimum de durée sur un minimum d'espace, auroit le mouvement le plus retardé : ou prenons un nombre au maximum de minimum de durée, le corps qui pendant ce temps parcourra un maximum de minimum d'espace sera le corps qui se mouvra le plus vîte; celui qui n'en parcourra que la moitié, la vingtième, la centième partie, n'aura qu'une moitié, un vingtieme, un centième de cette vîtesse. Enfin celui qui ne parcourra qu'un minimum d'étendue dans toute cette durée, sera le corps dont le mouvement sera le plus lent. Nous allons rendre ceci sensible par un exemple tiré d'une de nos plus belles machines.

L'aiguille des secondes d'une pendule parcourt le soixantième du cadran dans une seconde, et son mouvement est très-sensible ; celui de l'aiguille des minutes qui est soixante fois plus lent, s'apperçoit encore ; mais on ne voit plus celui de l'aiguille des heures, encore moins celui des aiguilles des jours, des mois, des années. Nous avons des horloges qui marquent les années d'un siècle ; le mouvement de cette aiguille qu'on ne sauroit dire en repos est d'une lenteur que nous ne concevons pas. On sent facilement qu'en multipliant les rouages, on auroit des aiguilles qui ne parcourroient le tour du cadran

qu'en une suite innombrable de siècles; d'autres qui marqueroient non-seulement les secondes, mais les tierces, les quartes, les quintes, &c. Tous ces mouvemens, quoique hors de la portée de notre imagination, n'en sont pas moins réels, et sont le produit d'une force qui agit constamment.

§. 630. Un corps en mouvement qui en rencontre un autre, le choque et lui communique une partie de son mouvement; cette communication variera suivant la nature et la figure de ces corps.

1°. Il faut supposer que ces corps sont divisés en différentes zones parallèles à la direction de la force, comme les corps A-B, M-N. (*fig. 1*, *pl. 2.*)

2°. On doit avoir égard à leur nature; les physiciens distinguent ordinairement les corps élastiques, les corps non élastiques, et les corps parfaitement durs; mais nous ne connoissons point de corps parfaitement durs, excepté les parties premières de la matière: dans ces parties, la communication du mouvement sera instantanée, et sans succession de temps: car un corps parfaitement dur transmet instantanément le choc qu'il reçoit.

DES LOIX DU CHOC DES CORPS NON ÉLASTIQUES.

§. 631. SOIENT deux corps non élastiques, par exemple deux billes de plomb d'égale masse; que l'une vienne avec 4 de vîtesse choquer l'autre supposée en repos; après le choc, elles se mouvront l'une et l'autre avec une vîtesse égale 2 : il n'y aura pas tout-à-fait 2, parce qu'il n'y a point de corps qui soit absolument sans élasticité.

Si ces deux billes viennent se choquer en sens contraires avec des forces égales, apres le choc, elles demeureront en repos, et toute leur force sera détruite successivement, parce que les billes s'applatissent.

DES LOIX DU CHOC DES CORPS ÉLASTIQUES.

§. 632. LES corps élastiques suivent dans leurs chocs des loix absolument différentes de celles que nous avons vues dans le choc des corps mous; c'est l'expérience seule qui les a fait connoître. Je vais en exposer les principales : on suppose les corps parfaitement élastiques, et ayant une figure sphérique.

EXPÉR. Ire. Un corps élastique A qui avec 2 de

vîtesse, en va choquer un autre B de même masse, et qui est en repos, lui communique toute sa force, et lui demeure en repos.

La raison de ce phénomène surprenant se trouve dans l'action du ressort. A partage sa force avec B, de manière que s'ils étoient sans élasticité, ils se mouvroient après le choc, chacun avec 1 de vîtesse; mais leurs deux ressorts se bandent avec cette même force communiquée égale 1; en se débandant, ils agissent en des directions opposées; celui de A lui communique 1 de force en arrière, ce qui détruit sa vîtesse 1 en avant; il doit donc demeurer en repos. Le ressort de B lui communique aussi une vîtesse égale 1 en avant, qui jointe avec 1 qu'il avoit déjà en avant, lui donne une vîtesse égale 2, égale à celle de A avant le choc.

EXPÉR. II[e]. Si le corps choquant est plus petit, il retournera en arrière après le choc, avec une vîtesse moindre qu'avant le choc.

Soit le corps choquant $A = 4$, et le choqué $B = 8$; que A vienne frapper B avec une vîtesse $= 6$, il lui communiquera une force $= 4$; les ressorts seront bandés avec une force $= 4$: le ressort de A lui communiquera donc un mouvement retrograde $= 4$: il en avoit conservé un en avant $= 2$: donc il retournera en arrière, avec une vîtesse $= 2$.

EXPÉR III[e]. Si le corps choquant A a plus de masse que le choqué B, après le choc, A continuera de se mouvoir en avant.

Car A ayant 8 de masse et une vîtesse = 6, et venant choquer B ayant 4 de masse, lui communiquera une vîtesse = 2, et il conservera une force = 4 : les ressorts seront bandés avec une force = 2 ; B partira donc en avant avec une force = 4, et A qui avoit conservé une force = 4, et qui a reçu par le ressort une autre force rétrograde = 2, en conservera une en avant = 2.

Huyghens a fait voir que si on supposoit cent billes à la suite les unes des autres, décroissant de masse dans une progression double, et que la plus grosse fût la choquante, la plus petite ou la centième, acquerroit après le choc une vîtesse qui seroit à celle de la première, comme 14,760,000,000 est à 1.

Au contraire, si dans la même hypothèse on suppose que ce soit la plus petite qui vienne choquer, la quantité de mouvement sera augmentée dans le rapport de 1 à 4,677,000,000,000.

Si corpora, dit Huyghens, *centum ex ordine dentur in proportione dupla, incipiatque motus à maximo, invenitur subducto calculo ad præceptum regulæ propositione nostra traditæ, sed in compendium redactæ, celeritas minimi*

ad celeritatem qua movebatur maximum proxime ea quæ 14,760,000,000 ad 1.

Si vero à minimo motus incipiat, augetur in universum motus quantitas secundum rationem proxime quæ 1 ad 4,677,000,000,000. (Hugenii de motu corporum ac percussione, propos. XIII.)

Expér. IVe. Deux corps élastiques de même masse qui viennent se choquer en sens contraires avec des vîtesses égales, se rentournent chacun avec la même vîtesse à-peu-près avec laquelle ils se sont choqués; les mouvemens premiers ont été détruits par le choc, mais les ressorts les leur rendent.

Expér. Ve. Plusieurs billes élastiques étant posées à la suite les unes des autres, si la première est choquée, il n'y aura que la dernière qui partira; il en partira deux si le choc se fait par deux billes : cette expérience est très-intéressante par rapport au mouvement des fluides.

Expér. VIe. Soit une bille élastique environnée de plusieurs autres dans un de ses grands cercles; qu'on choque une, deux.... de ces billes environnantes, les correspondantes opposées partiront comme dans l'expérience précédente.

Telles sont les principales loix des chocs des corps élastiques : elles diffèrent absolument de celles des autres corps. Les physiciens et les géo-

mètres se sont beaucoup exercés pour en calculer les effets et en découvrir la cause. Nous allons prendre le cas le plus simple, parce que tous les autres se rapportent à celui-ci.

Deux billes élastiques, de même masse, qui viennent se choquer en sens contraires avec des vîtesses égales, se rentournent avec la même vîtesse. Si elles eussent été sans élasticité, elles seroient demeurées en repos; mais ici les ressorts de chacune sont bandés avec toute la force employée dans le choc : cette force épuisée, ils doivent se débander avec la même énergie, et par conséquent redonner à chacun de ces corps la même force qu'ils avoient; car ici il arrive la même chose que si on plaçoit entre deux corps en repos, deux ressorts qu'on banderoit avec une certaine force, et qu'on lâcheroit tout de suite : ils communiqueroient aux deux billes la vîtesse avec laquelle ils se débanderoient. L'expérience prouve que cette communication ne se fait pas en raison des masses, mais que chacun des corps en reçoit la même quantité. La raison de ce phénomène est que les deux ressorts s'opposent une égale résistance, que les corps soient égaux, ou que l'un soit plus grand.

On croiroit que le ressort ne pourroit pas rendre la même quantité de mouvement, parce que lorsqu'il auroit été à moitié bandé, il devroit op-

poser une résistance égale à la force qui le comprime; mais il paroît qu'il ne se bande et débande que successivement avec des degrés de force très-petits; suivant le *Principe de la moindre action* de Maupertuis. Il doit néanmoins toujours y avoir une petite quantité de force perdue, savoir dans le dernier moment que le ressort commence à se débander : mais ce degré de force perdu, est un *minimum* qui n'est pas sensible. Aussi les corps élastiques, après le choc, ont-ils à-peu-près la même vîtesse qu'auparavant, en en soustrayant la résistance de l'air.

Il s'ensuit des loix que nous venons d'exposer, que le choc des corps non élastiques doit diminuer la quantité de mouvement communiqué qui existe dans la nature, puisque lorsque ces corps se choquent en sens opposés, il y a destruction de toutes leurs forces si elles sont égales, ou d'une partie si elles sont inégales.

Mais le choc des corps élastiques, au contraire, doit augmenter la somme de ce mouvement, puisque les ressorts se débandent toujours avec la même force qu'ils ont été bandés : d'ailleurs, lorsque ces corps sont d'inégale grosseur, il y a le plus souvent une grande augmentation de force, d'après le théorême d'*Huyghens*; car, soient deux corps élastiques A, B, dont A ait 1 de masse, et B 1,000,000; que A vienne choquer B

avec une force = 1,000,001, il lui communiquera une force = 1,000,000 : les deux ressorts seront donc bandés chacun avec une force = 1,000,000 ; B partira donc en avant avec une force = 2,000,000, et le ressort de A le renverra d'où il est venu, avec une force = 100,000 — 1 = 999,999 : par conséquent, la force qui avant le choc étoit 1,000,001, sera après le choc 2,999,999 ; ainsi il y a une augmentation de 1,999,998.

On ne sauroit douter que ce principe n'ait la plus grande influence dans la nature. Supposons une bille de marbre d'une livre, lancée en l'air, et retombant avec une force = 100 sur un rocher de marbre : ce rocher fait partie de la masse du globe, qui pèse environ dix septillons de livres ; la bille communiquera donc à la terre une force dix septillons — 1 de fois plus considérable que celle qu'elle garde. Les ressorts de ces deux corps seront bandés avec les mêmes forces : ainsi, en supposant que le globe terrestre fût un seul morceau de marbre, il avanceroit avec une force à-peu-près double de celle qui fait rétrograder en arrière la bille. On voit quelle est, dans cette hypothèse, la prodigieuse augmentation de force communiquée.

Il est vrai qu'il y a par-tout action et réaction ; que si la force est augmentée dans une circons-

tance, elle est détruite dans l'autre; ce qui entretient l'équilibre universel.

§. 634. Toutes ces loix sur le choc des corps solides, élastiques ou non élastiques, ont rarement lieu dans les principales opérations de la nature. Les grands globes se meuvent, il est vrai, avec assez de rapidité, mais ne se rencontrent point; et les différens corps solides qui les composent, sont toujours dans un repos apparent les uns par rapport aux autres (excepté les animaux). Ils ne se choquent donc jamais. Des causes locales, comme de grandes chûtes d'eaux, entraînent quelquefois des rochers, des arbres..... mais ces effets sont très-bornés, et n'ont aucune influence sensible sur les grands phénomènes naturels.

§. 635. Nous avons supposé que ces corps, en se choquant, ont toujours une figure sphérique, et que les centres de masse et de mouvement sont les mêmes; mais si ces centres ne se correspondent pas comme dans les corps A, B (*fig. 1, pl. II*), la communication des forces suivra d'autres loix, qu'il seroit trop long de rapporter ici. Il nous suffira de dire que ce choc produit d'autant moins d'effet qu'il est plus oblique, parce que ces corps, dans ce cas, suivent toujours les diagonales des forces.

LOIX DE LA FORCE DE PRESSION.

§. 636. Jusqu'ici nous n'avons considéré que les loix du mouvement dans le choc ou la percussion ; mais il en est d'autres qui ne méritent pas moins d'être examinées ; c'est la *force de pression.* Si on suppose un corps qui agisse sur un autre avec un certain degré de force, mais sans le choquer, sans percussion, il nous donnera des loix différentes de celles que l'expérience nous a fait appercevoir dans le choc. Les corps terrestres, par exemple, sont poussés par une force quelconque vers le centre de la terre ou à-peu-près, et cette force est en raison de la masse. Tous ces corps, posés les uns sur les autres, se compriment mutuellement ; ils agissent par pression, et non point par choc ou percussion.

Cette force de pression, toute considérable qu'elle est, a des effets bien différens de ceux de la percussion ou du choc. Un corps plus ou moins pesant, posé doucement sur un autre corps fragile, ne le brisera point ; tandis que le moindre choc le mettroit en morceaux. On peut charger une glace, par exemple, d'un poids immense, pourvu que sa surface soit bien unie, si le corps est dur, ou en interposant entre deux quelque chose de doux ; et cependant le moindre choc la briseroit.

Cette glace peut supporter de même un grand effort de pression. Un homme vigoureux peut la presser avec la main ou avec le pied sans la briser, et le moindre coup la romproit.

Une cheville ou un clou, qu'on veut chasser dans un morceau de bois, par exemple, ne le seront point par une pression quelconque d'un homme vigoureux, ni par celle d'un poids énorme qu'on appuieroit dessus; et la percussion la plus légère, telle qu'un coup de marteau d'acier, de plomb ou de bois, les fera entrer. L'ouvrier qui appuieroit simplement sur son ciseau, n'entameroit point le bois ou la pierre qu'il travaille; au lieu que s'il arme son bras d'un maillet, ou qu'il donne un coup de poing sur son instrument, ou qu'il lui imprime simplement un mouvement d'impulsion, il obtiendra l'effet qu'il desire. Le pilotis d'un pont est enfoncé par des coups de mouton, et il est immobile sous la pression énorme de la masse du pont. Il seroit inutile de multiplier les expériences : le fait est certain; il s'agit d'en rechercher la cause.

D'un autre côté, le mouvement de pression a de grands effets; effets qui sont plus considérables en certaines circonstances que ceux du mouvement de percussion. En poussant contre une porte on l'enfonce; et elle eût résisté à d'assez violens chocs. Une pièce de bois, un barreau de

fer, peuvent être obligés de rompre par des poids; tandis qu'ils eussent résisté à des chocs violens. La glace dont nous avons parlé, pourroit supporter des poids qui feroient rompre telle pièce de bois ou telle barre de fer; tandis que cette même glace seroit brisée par le choc d'un corps dur qui ne feroit aucun effet sur ce barreau de fer ou cette pièce de bois.

Cette force de pression agit lentement. Un bâtiment construit avec des pièces de bois trop foibles, résiste quelques jours, quelques mois.... mais les bois cèdent peu à peu, et enfin se brisent.

On a cherché, par l'expérience, à déterminer les effets de cette force de pression.

Galilée a estimé que le poids que pouvoit porter une solive de bois, étoit en raison directe de la largeur, inverse de la longueur, et en raison du quarré de la hauteur.

Mussembroek croit que la force des bois est en raison composée de la longueur, du quarré de leur largeur, et en raison inverse de leur hauteur.

Euler pense que cette force est en raison composée du quarré de la largeur, du quarré de la longueur, et en raison inverse du quarré de la hauteur. (*Mém. de Berlin*, *1757*.)

Gauthey fit, en 1774 (*Journ. de Phys.*), de nouvelles expériences sur cette matière. Il dis-

tingua les effets de cette force en deux classes.

1°. Il recherch a quels poids pouvoient supporter différentes pierres avant que de s'écraser. L'expérience lui fit voir que ce poids étoit d'autant plus considérable, que la pierre chargée avoit plus de masse.

Une ligne quarrée de la pierre tendre de Givry peut supporter, pour poids moyen, 12 livres avant que de s'écraser; d'où il conclut qu'un pouce quarré de la même pierre porteroit 1728 livres, et le pied quarré 248832 : ainsi on pourroit construire, avec cette pierre, une tour de 300 toises de hauteur, sans que les assises inférieures fussent écrasées.

Il a essayé différentes pierres, et voici ses résultats :

Noms des pierres.	Poids du pied cube.	Le plus petit poids qui ait été porté.	Le poids moyen sur lequel on peut compter.	Le plus grand poids qui ait été porté.	Hauteur dont ces pierres peuvent être chargées.
	liv.	liv.	liv.	liv.	toises.
Le porphyre.	201.	4299112.	5329152.	5619456.	4418.
Le marbre de Flandre.	184.	1824768.	2239488.	2592000.	2077.
Le marbre de Gênes.	189.	691482.	770688.	1002240.	679.
La pierre dure de Givry.	165.	456192.	665552.	870911.	670.
La pierre tendre de Givry.	145.	186624.	248832.	311040	286.
La pierre de Tonnerre.	120.	180440.	222912.	279836.	306.
La brique.	109.	290304.	321403.	373248.	491.
Le grès tendre. . .	174.	3390.	8424.	189586.	8.

2°. Il a ensuite fait des expériences pour déterminer ce que portoient les pierres mises; *a* en encorbellement; c'est-à-dire, fixées seulement par une de leurs extrémités d'une manière inébranlable; *b* ce que pouvoit porter la même pierre appuyée par ses deux extrémités; *c* enfin l'effort que pouvoit éprouver une pierre tirée dans le sens de sa longueur. Ses résultats sont :

1°. Le pied cube de pierre dure, posée en encorbellement, et faisant saillie d'un pied, porte 55728 livres; et le pied cube de pierre tendre porte 10080 livres. Le rapport de la force de ces deux pierres, est comme $5\frac{1}{2}$ à 1.

2°. Le pied cube de pierre dure, dont les appuis sont éloignés d'un pied, porte dans son milieu 205632 livres; et le pied cube de pierre tendre porte 38592 livres. Le rapport de la force de ces deux pierres, est comme $5\frac{1}{4}$ à 1.

3°. Le pied cube de pierre dure, tiré dans le sens de sa longueur, porte au moins 45500 livres; et le pied cube de pierre tendre, 15850. Le rapport de la force de ces deux pierres, est comme $\frac{2}{8}$ à 1.

Les forces de pression agissent continuellement dans la nature; la gravité universelle fait que tous les corps pèsent les uns sur les autres. Les bancs supérieurs d'une montagne pressent sur les inférieurs. Quand on voit une montagne coupée à pic

à plusieurs centaines de toises de hauteur, on est étonné de la pression qu'éprouvent les bancs inférieurs; mais quelle doit être celle des couches qui sont à plusieurs lieues de profondeur, et de celles qui approchent du centre de la terre?

Il y a beaucoup de cavernes intérieures. Les couches, qui sont les voûtes de ces cavernes, sont pressées de tout le poids des couches supérieures: elles s'affaissent quelquefois. Ces affaissemens se font lentement, comme ceux des bois trop foibles employés dans les bâtimens.

Plusieurs de ces bancs, qui sont minces et brisés, s'écraseroient sous ces poids énormes, s'ils n'étoient séparés par des couches de marne, d'argile ou autre terre, qui produisent les mêmes effets que nous avons vus produits par un corps mou interposé entre une glace et un grand poids qui la comprime.

Mais la terre n'est qu'un très-petit globe, en comparaison de Saturne, de Jupiter, du Soleil.... Quelle doit donc être la pression de leurs couches intérieures?

DES FORCES CENTRALES.

§. 637. La puissance motrice agissant toujours dans la même direction, un corps en mouvement suivra constamment la ligne droite; s'il s'en écarte,

il faut qu'une nouvelle cause le détourne de sa première direction.

Un corps qui est choqué par deux autres, se meut par la diagonale du parallélogramme des forces des deux corps choquans : par conséquent, pour faire parcourir à un corps les différens côtés d'un polygone, il faut qu'à chaque angle du polygone, il se trouve une nouvelle force qui le porte vers le centre du polygone, et qui soit à la force première du corps, dans un rapport tel qu'elle forme un des côtés d'un parallélogramme, dont la nouvelle ligne que parcourt le corps, soit la diagonale. La même chose a lieu pour faire mouvoir un corps dans une courbe, puisqu'une courbe n'est qu'un polygone.

Ce corps est donc censé obéir à deux forces agissant continuellement; l'une, qui est la centrifuge, tend sans cesse à le faire mouvoir suivant la tangente; et l'autre, qui est la centripète, tend à le pousser au centre de la courbe, qui sera déterminée par le rapport qu'auront entre elles les deux forces.

L'action de ces forces centrales est très-fréquente dans la nature. Tous les grands globes ont un mouvement de rotation sur leur axe; par conséquent, tous les corps qui les composent obéissent à deux forces; 1°. la centrifuge, qui est une suite de cette rotation; 2°. la

centripète, qui les pousse au centre de l'astre.

La terre, par exemple, tournant sur son axe en 23h 56′ 4″, un point de sa circonférence sous l'équateur parcourt 9000 lieues dans cet espace de temps, et par conséquent 240 toises en une seconde; c'est-à-dire, qu'il a à-peu-près la vîtesse d'un boulet de canon.

Cette vîtesse diminue sous les autres cercles de latitude, jusqu'aux poles, où elle est nulle.

Cette même action des forces centrales a lieu dans toutes les petites parties de matière qui ont des mouvemens giratoires. Chacune des molécules qui composent ces petits corps, tend à s'éloigner par la tangente; mais elle est retenue par la force de cohésion, ou le fluide gravifique.

DES LOIX DU MOUVEMENT DES FLUIDES.

§. 638. Les loix du mouvement des solides, soit élastiques, soit non élastiques, intéressent beaucoup moins le physicien géologue que celle des fluides; car la nature opère rarement sur les premiers: lorsqu'elle les a formés, elle les abandonne, pour ainsi dire, à leurs attractions et à leurs pressions mutuelles; et si elle travaille encore sur eux, ce n'est que par le moyen des fluides : ceux-ci pénètrent les solides, les décomposent peu à peu,

brisent leur agrégation, les ramènent à l'état de fluidité, et les forcent à rentrer dans de nouvelles combinaisons ; mais tant que le solide est solide, il paroît livré à lui-même. Le physicien ne sauroit donc trop étudier les loix des fluides, puisque ce sont les grands agens de la nature.

On doit distinguer plusieurs espèces de fluides :

1°. Les premiers, qu'on appelle plus communément liquides, sont assez grossiers ; tels sont l'eau, le vin, les liqueurs spiritueuses, les différentes espèces d'huile, les acides, le mercure, et tous les solides devenus liquides par un degré de chaleur assez considérable, et supérieur à celui qui existe ordinairement à la surface du globe. Ces liquides sont tous élastiques, ont une force expansive qui est sensible dans quelques circonstances. La liqueur éthérée, versée d'une certaine hauteur, est toute réduite en fluide expansif avant que d'arriver à terre. Sous le récipient de la machine pneumatique, elle se réduit également en fluide expansif. L'acide sulfureux, le nitreux, le muriatique oxygéné, le gaz alkalin.... sont presque toujours dans un état expansif....

2°. Les différentes espèces d'air ; l'air inflammable, l'air azote, le gaz nitreux, le gaz hydrogène sulfuré, le gaz hydrogène phosphoré.... tous ces fluides ont une grande force expansive,

sont très-subtils, quoique pouvant être contenus dans des vaisseaux.

3°. Les fluides les plus subtils, qui sont le calorique, le lumineux, l'électrique, le magnétique, l'éther.... et peut-être d'autres qui ne nous sont pas encore connus, ont une force expansive encore plus considérable, et traversent tous les corps.

Les loix du mouvement de la première espèce de ces fluides, sont beaucoup mieux connues que celles des deux autres espèces; et néanmoins ce sont celles de ces derniers, sur-tout de ceux de la troisième espèce, qui nous intéressent beaucoup plus, puisque ce sont les plus actifs, et ceux qui influent le plus sur les phénomènes de la nature.

La propriété principale des fluides, est que chacune de leurs parties obéit à la force la plus foible qu'on leur imprime, et se meut indépendamment des autres, au moins jusqu'à un certain point; mais toutes ces parties finissent par se mettre en équilibre, en vertu de la gravité générale; c'est l'objet de l'*hydrostatique*.

Ces fluides peuvent ensuite être conduits dans des canaux, dans des réservoirs; c'est l'objet de l'*hydraulique*.

Enfin ces fluides dans leurs tendances vers les différens globes, obéissant sans cesse à la loi de

la gravité, acquièrent des mouvemens accélérés ; c'est l'objet de l'*hydrodynamique*, qui traite des forces accélératrices des fluides.

Ces différens mouvemens des fluides ont été l'objet des recherches des plus grands géomètres, qui dans leurs travaux ont déployé toutes les ressources du génie, et ont inventé plusieurs méthodes analytiques plus savantes les unes que les autres. Sans prétendre vouloir entrer dans ces savantes discussions, nous allons seulement pressentir quelques réflexions sur six des principales propriétés des fluides.

a Leur mouvement de fluidité.

b Leur mouvement de dissolution.

c Leur mouvement d'expansibilité.

d Leur mouvement de transport.

e Leur mouvement d'oscillation.

f Le mouvement de plusieurs fluides les uns dans les autres.

DU MOUVEMENT INTÉRIEUR DES FLUIDES.

§. 638 *bis*. Plusieurs physiciens ont voulu regarder les fluides comme des amas de petits corps solides qui n'ont aucune liaison entre eux ; et dans cette hypothèse, les loix de leurs mouve-

mens ne différeroient point de celles d'un corps parfaitement mou.

Mais les phénomènes que présentent les fluides ne permettent guère de s'arrêter à cette supposition; il seroit difficile de se refuser à croire que chaque molécule d'un fluide quelconque, n'ait pas un mouvement propre qui la tient dans une agitation continuelle; ce mouvement est le produit de la force des élémens qui les composent : ces forces ne sont pas toutes dans un équilibre parfait. Par conséquent, le composé qui constitue les molécules primitives des fluides est toujours en mouvement : ce n'est point un mouvement en ligne droite, parce qu'il faudroit que la direction de l'excédent de la force se trouvât dans celle du centre de la masse; c'est ce qui ne pourroit arriver que rarement.

Le mouvement de ces molécules s'exerce donc plutôt dans une direction en ligne courbe; c'est un mouvement giratoire et de rotation sur leurs axes, qui leur fait décrire différentes courbes, comme nous l'avons vu (§. 611); mais ces mouvemens ne sauroient être uniformes, puisqu'ils se contrarient sans cesse. On sent que toutes les parties d'un fluide étant agitées, elles doivent s'opposer des résistances qui font changer continuellement leurs directions mutuelles.

On apperçoit cette agitation des molécules

des fluides dans les métaux en fusion ; leurs molécules roulent avec rapidité les unes sur les autres : la même agitation doit avoir lieu relativement à tous les autres fluides, quoique l'on ne puisse pas également saisir ces mouvemens.

D'ailleurs il y a plusieurs faits qui prouvent que toutes les parties des fluides connus sont sans cesse agitées.

Les eaux des mers, des lacs, sont dans une agitation continuelle, causée soit par les vents, les marées, soit par l'alternative du chaud et du froid....

L'air atmosphérique est également toujours agité par les mêmes causes. Lorsqu'on fait passer un rayon de lumière dans une chambre dont l'air paroît le plus tranquille, on voit que les petits corpuscules qui y flottent, sont dans un mouvement continuel.

Le fluide électrique doit avoir la même agitation, puisque l'électricité des corps varie à chaque instant ; elle est tantôt positive, tantôt négative.

Il en doit être de même du fluide magnétique.

Le fluide lumineux est ébranlé continuellement par le soleil, les étoiles, les comètes, les planètes, les corps lumineux terrestres...

Il en est de même du fluide éthéré.

Mais indépendamment de ces agitations, qui

viennent des causes externes, on ne sauroit nier un mouvement intérieur dans la plupart des liquides; les acides ne peuvent posséder cette action si prodigieuse, qu'autant qu'ils sont animés d'une grande force, qui désunit les autres corps, même les plus durs, en brise et en rompt l'agrégation ; nous en devons dire autant des liqueurs alkalines caustiques, des dissolutions de sels neutres, des huiles essentielles, des liqueurs spiritueuses..... Les métaux et les pierres en fusion ne s'entretiennent liquides que par un mouvement prodigieux que leur communique le feu, et que l'on apperçoit facilement lorsqu'ils sont incandescens.

Ce dernier fluide lui-même, le calorique, est animé sans cesse d'un mouvement violent, qui, comme nous l'avons vu, est peut-être le principe de la fluidité de la plupart des autres corps; et par conséquent, il communiquera à tous ces fluides une partie de son mouvement.

Nous ajouterons enfin que la plus grande partie des fluides connus sont expansifs. Or cette force expansive qui est sans cesse balancée par la pression du fluide atmosphérique, et d'autres fluides, fait des efforts continuels, lesquels efforts agitent sans cesse ces fluides.

Et ceux de ces fluides qui n'ont pas de force expansive ont néanmoins celle de l'élasticité :

car tous les fluides connus sont élastiques. Or ces fluides sont tous comprimés par d'autres fluides; ces compressions varient; d'où il doit s'ensuivre une réaction continuelle de la part de l'élasticité de ces fluides.

Enfin la plupart de nos fluides grossiers, tels que les acides, les huiles, les liqueurs spiritueuses, &c. ont des atmosphères particulières, comme nous l'avons vu. Or ces petites atmosphères sont dans une agitation continuelle; elles communiqueront donc le même mouvement aux fluides eux-mêmes.

Je ne parle pas des liqueurs composées qui sont toutes dans un mouvement continuel de fermentation, tels que les vins, les liqueurs spiritueuses, les huiles, puisqu'elles s'altèrent toutes par le temps.

Toutes ces causes réunies ne permettent pas de douter qu'il n'est pas de fluides qui ne soient agités d'un mouvement intérieur plus ou moins violent.

DE L'ACTION DISSOLVANTE DES FLUIDES.

§. 638*ter*. Tous les fluides ont une action dissolvante, et il n'en est point qui ne puisse exercer cette action sur quelque corps; c'est une qualité des fluides dont les chimistes tirent le plus

grand avantage dans leurs opérations ; ils appellent ces dissolvans des *menstrues*, qui leur sont absolument nécessaires pour les analyses les plus délicates.

Cette propriété des fluides doit dépendre du mouvement intérieur de leurs molécules ; sans cesse agitées, elles attaquent, elles heurtent tout ce qu'elles rencontrent et le déplacent : voilà tout ce que nous pouvons dire en général ; car il n'est pas possible qu'un corps très-dur, tel qu'un métal, une pierre, soit dissous, que l'agrégation de leurs parties soit brisée, sans une force considérable de la part de l'agent qui opère un tel effet. On apperçoit cette action dans la fusion des corps, laquelle fusion doit être regardée comme une dissolution par le feu ; il est bien certain que cette fusion est opérée par le mouvement giratoire rapide des molécules du calorique ; car les parties du corps fondu sont violemment agitées, et roulent avec rapidité sur elles-mêmes.

Les atmosphères particulières de ces fluides contribueront à ces dissolutions, comme nous l'avons vu en parlant des affinités (§. 620).

Cette action dissolvante des fluides présente plusieurs phénomènes intéressans ; nous allons parler de quelques-uns.

Un fluide peut dissoudre une grande quantité

d'autres corps sans augmenter de volume; le pied cubique d'eau distillée pèse 70 livres; le pied cube d'eau-mère du nitre saturée pèse 110 livres 13 onces 5 gros 69 grains. Voilà donc 41 livres de substances salines qui sont tenues en dissolution dans le volume de 70 livres d'eau; et dans ce cas, il n'y a peut-être guère plus de 50 à 60 livres d'eau; en sorte qu'une molécule d'eau tient à-peu-près en dissolution une molécule saline.

De l'eau saturée d'une substance saline pourra encore dissoudre des portions d'un autre sel.

Enfin un fluide attaquera tel corps, et n'attaquera pas tel autre; l'acide nitrique qui dissout la plupart des substances métalliques, n'agit pas sensiblement sur l'or ni sur le platine... Un chimiste répondra que ceci dépend des affinités : cette réponse expose un fait dont elle ne fait pas voir la cause.

Nous avons dit (§. 620) qu'on pouvoit soupçonner que ces affinités dépendoient en partie des atmosphères particulières des corps. Supposons effectivement que les atmosphères des molécules de l'acide nitrique aient de l'affinité avec celles de l'argent, elles chercheront à se réunir, comme le font deux atmosphères de deux corps, dont l'un est électrisé positivement et l'autre négativement.

Supposons ensuite que les atmosphères de ces mêmes molécules d'acide nitrique, et celles des molécules de l'or n'aient point d'affinité, et se repoussent comme celles de deux corps électrisés positivement ou négativement, l'acide n'attaquera pas l'or...

On me demandera peut-être aussi pourquoi quelques-unes de ces atmosphères s'attirent, et les autres se repoussent; je répondrai que c'est un fait très-général.

Ces mouvemens de liquidité et de dissolution dans tous les fluides existans, sont la cause de phénomènes nombreux; les grands fluides de l'univers, tels que le calorique, le fluide électrique, le fluide magnétique, le fluide lumineux, le fluide éthéré, les airs, agissent continuellement par ces deux mouvemens : ils agitent tous les autres corps de la nature, les dilatent, les condensent, les décomposent, les dissolvent..... ce qu'ils ne peuvent opérer que par leur mouvement intérieur de liquidité et leur qualité dissolvante.

DE LA FORCE EXPANSIVE DES FLUIDES.

§. 639. La plupart des fluides ont une force expansive plus ou moins considérable, c'est-à-dire qu'ils se dilatent continuellement, et acquièrent

plus de volume lorsqu'ils ne sont pas retenus par une force plus active ; c'est ce que nous voyons dans les différentes espèces d'air qui se dilatent à mesure que la pression des colonnes supérieures de l'atmosphère diminue, ou qu'on fait le vide dans la machine pneumatique.

Tous les gaz présentent les mêmes phénomènes.

Le fluide électrique a la même force expansive; il se dilate immensément dans la machine pneumatique, où on a fait le vide.

Il en est peut-être de même de la plupart des autres fluides, tels que le magnétique, le calorique, le lumineux et l'éthéré...

Cette force expansive est un effet du mouvement giratoire dont nous avons parlé (§. 611). On sent que toutes les molécules d'un fluide étant sans cesse agitées de ce mouvement giratoire cherchent à s'écarter les unes des autres, et ont une force de répulsion plus ou moins considérable; cette force de répulsion se change ici en force expansive.

Cette force expansive est singulièrement aidée par l'action du feu, ou fluide répulsif; peut-être même chez la plupart des fluides de la première et seconde espèce, est-elle due principalement au feu qui est interposé entre leurs molécules.

Les atmosphères particulières de chacune de

ces molécules, sur-tout la portion de fluide électrique, y contribuent également dans certaines circonstances.

Mais deux causes puissantes, et toujours actives, modifient sans cesse cette force d'expansion.

1°. Les atmosphères particulières de ces fluides qui, dans les fluides homogènes, en rapprochent constamment les molécules (§. 612).

2°. La pression de l'air atmosphérique sur notre globe, ou d'autres fluides s'oppose à cette force de répulsion et à cette force d'expansion (§. 623).

L'expansion de tous ces fluides et leur répulsion sont encore des agens continuels de la nature qui ont une grande influence dans la plupart des phénomènes, et dont on n'a pas encore assez étudié l'action.

Mais cette force expansive a-t-elle des limites au-delà desquelles elle cesse d'agir? Je ne le crois pas. L'expérience nous fait voir que l'air atmosphérique, par exemple, se dilate de plus en plus dans le vide de la machine pneumatique; et plus on pompe, plus l'air se dilate : il en est de même du fluide électrique dans le même récipient de la machine pneumatique...

Cette expansion indéfinie de ces fluides paroît dépendre du mouvement giratoire de leurs molécules, et particulièrement de celles du calorique

qui paroît être le principe de l'expansibilité de la plupart des corps terrestres. Les molécules du calorique s'écartent de plus en plus, si nulle force ne les retient.

LOIX DU CHOC OU DE LA PERCUSSION DES FLUIDES, DE LEUR MOUVEMENT DE TRANSPORT, ET DE LEURS COURANS.

§. 639bis. Les fluides peuvent être déplacés comme les solides; ils obéiront au mouvement qui leur sera imprimé : leur vîtesse sera proportionnée à leur densité et à la force qu'ils recevront.

Les courans des liquides présentent néanmoins des phénomènes particuliers, à cause de leur peu de cohérence et de la gravité qui les attire sans cesse vers le centre de la terre, ou des autres grands globes. Une masse de fluide ne peut se soutenir par elle-même; il faut toujours la supposer contenue dans un canal, dans un vaisseau... ce qui occasionne des frottemens plus considérables dans certaines parties; d'où il naît une inégalité de mouvement dans les différentes lames de ce fluide. L'eau d'un fleuve, par exemple, doit être conçue divisée en différentes tranches, dont les inférieures frottent contre le fond et les bords du lit du fleuve; les supérieures frottent

contre l'air : enfin celles du milieu frottent contre les supérieures et les inférieures. Toutes les différentes lames dont on doit supposer composé le courant du fleuve, auront donc différens degrés de vîtesse.

Supposons que ce courant aille frapper contre un corps qui s'oppose à son passage; il s'agit de calculer l'effort qu'il fera contre cet obstacle. Soit une masse de fluide, par exemple d'eau, d'un pied de surface et de 60 pieds de long, contenue dans un canal de la même dimension; et qu'elle vienne frapper avec une vîtesse = 10 contre un corps qui en ferme l'ouverture; il faut considérer cette masse de liquide comme un prisme d'un pied de largeur, d'un pied de hauteur, et de 60 pieds de longueur, composant 60 pieds cubiques d'eau, ou 4200 livres d'eau, ayant 10 de vîtesse. Exprimons cet effort par 42000, c'est-à-dire que le bouchon de ce canal aura à supporter un effort de 42000 livres.

Mais si nous supposons une masse d'eau ayant la même épaisseur d'un pied, la longueur de 60 pieds, et une largeur considérable, et que cette eau ne soit point contenue dans un canal : qu'on oppose dans un endroit de ce courant un obstacle qui ait un pied quarré en surface, cet obstacle n'éprouvera pas le même effort que dans le cas précédent.

Dans la première expérience, le fluide est tout contenu dans un canal; son mouvement cesse entièrement au moment qu'il rencontre l'obstacle. L'obstacle supporte donc l'effort entier de la force dont étoient animées toutes les parties de ce fluide, comme s'il étoit choqué par un solide de la même dimension.

Dans la seconde expérience, les premières parties du fluide qui viennent choquer l'obstacle sont arrêtées; mais elles coulent à côté de l'obstacle : elles ne perdent donc pas tout leur mouvement; celles qui sont derrière celles-ci en perdent encore moins : enfin celles qui sont à une certaine distance ne perdent presque rien.

Cette perte sera en raison de la vîtesse du fluide et de la fignre de l'obstacle; si cette figure est concave, le fluide qui est entré n'en peut sortir qu'avec peine : ainsi il perdra beaucoup de son mouvement. Si l'obstacle a une surface plane, le fluide glissera plus facilement contre cette surface : enfin si la surface de l'obstacle est convexe, le fluide glissera encore bien plus facilement. Les géomètres ont calculé ces résistances; leurs calculs confirmés par l'expérience ont prouvé que le choc qui se fait, par exemple, contre une demi-sphère n'est que les deux tiers de celui qui se fait contre le plan d'un des grands cercles de cette même sphère; ils ont

également déterminé la force de ce choc contre des surfaces elliptiques, paraboliques...

Les différens degrés de vîtesse du courant n'influent pas moins sur la quantité de l'effort qu'il produira contre l'obstacle. Car le fluide étant composé de parties mobiles élastiques qui ont des figures sphériques, coule à côté de l'obstacle comme nous venons de le voir : d'où on a conclu que la seule partie choquante contre l'obstacle perd son mouvement.

La conséquence qu'on a tirée de ce principe est que l'effort que font différens fluides de même nature contre un obstacle, est proportionnel au quarré de leurs vîtesses. Car soient deux fluides dont les vîtesses soient dans le rapport de 1 à 2; chaque partie du second fluide frappera avec 2 de force, tandis que celles du premier ne frapperont qu'avec 1; mais la vîtesse de celui-ci n'est que la moitié de celle de l'autre. Par conséquent dans le temps qu'une molécule du premier fluide choquera l'obstacle, il y en aura deux du second qui le choqueront; les efforts seront donc comme 1 à 4, c'est-à-dire comme les quarrés des vîtesses.

L'expérience est assez conforme à cette théorie dans les petites vîtesses. Deux fleuves dont les courans ne sont pas très-rapides, font contre les obstacles qui s'opposent à leur passage, des

efforts proportionnés aux quarrés de leurs vîtesses.

Mais lorsque les vîtesses sont très-considérables, ces efforts suivent une raison beaucoup plus grande. Car si on estimoit la force d'un violent coup de vent, par exemple, suivant cette proportion, on ne pourroit jamais la trouver assez considérable pour produire les effets que nous observons journellement, emporter le toît des maisons, briser des arbres, faire chavirer des vaisseaux, &c. &c. Dans les hautes montagnes, lorsque les torrens se débordent, le courant d'air produit par cette chûte d'eau est si violent qu'il emporte souvent les ponts avant que le grand volume d'eau les touche. L'air qui se dégage des avalanches, renverse et détruit tout... Or tous ces effets ne sauroient être si la force des courans suivoit les loix dont nous venons de parler; et il est facile de le prouver par le calcul.

L'air est près de 800 fois plus rare qu'un arbre. Or la plus grande vîtesse du vent, suivant *Derham*, n'est que 66 pieds par seconde; il se peut qu'elle soit quelquefois plus grande. Supposons-la de 100 pieds par seconde; l'effort que feroit une masse d'air égale à la surface de l'arbre qui est opposée au courant, et qui auroit une vîtesse de 100 pieds par seconde, ne pourroit

renverser cet arbre. Car supposons à cet arbre 30 pieds de hauteur et une largeur moyenne de dix pieds ; sa surface sera de 300 pieds quarrés. Or une masse d'air de 300 pieds quarrés, et qui auroit une vîtesse de 100 pieds par seconde, n'exerceroit qu'un très-petit effort, si elle n'avoit une grande profondeur.

Je pense donc que la force d'un courant doit être estimée différemment ; lorsque ce courant a peu de vîtesse, les parties du fluide qui sont éloignées du point de contact contre l'obstacle, ont le temps de couler à côté ; mais lorsque la vîtesse est prompte, elles n'ont pas le temps de se détourner, et elles frappent avec toutes leurs forces ; le fluide agit donc dans ce cas en partie comme feroit un solide.

Ainsi je suppose que lorsque la vîtesse d'un fleuve ne lui fait parcourir que 2 à 3 pieds par seconde, il n'y a que les parties touchant l'obstacle, qui fassent effort contre lui ; je dis que lorsque la vîtesse sera deux fois plus accélérée, il y aura *n* d'autres parties contiguës à celles-ci, qui feront également effort contre l'obstacle ; si la vîtesse est dix fois, vingt fois... plus considérable, il y aura encore un plus grand nombre de parties contiguës à celles-ci, qui feront effort contre l'obstacle : enfin si la vîtesse étoit infinie, toutes les parties du courant agiroient contre

l'obstacle à la fois, comme s'il formoit un seul prisme solide. En supposant 20 toises de longueur au courant, il frapperoit contre l'obstacle avec la même force que le feroit un prisme de glace de 20 toises de longueur, qui auroit la vîtesse du courant; et cela parce que dans une vîtesse aussi prodigieuse, les parties de l'eau n'auroient pas le temps de se détourner, et de couler à côté de l'obstacle; elles épuiseront donc toutes leurs forces contre l'obstacle au moment du choc.

Mais cette vîtesse infinie n'est qu'une hypothèse; par conséquent une masse de fluide en mouvement ou un courant n'exercera jamais contre un obstacle la même force que le feroient des solides de la même densité que ce fluide, et qui auroient la même vîtesse.

Je crois qu'il faut en chercher la cause dans le mouvement de liquidité, ou giratoire, qu'a chacune de leurs molécules. Elles agissent pour lors comme des corps qui choqueroient obliquement, au lieu que les solides agiroient comme des corps qui choqueroient directement. Supposons effectivement un corps tournant sur son axe et ayant un mouvement en avant venir choquer un obstacle : il le frappera obliquement; et l'effort qu'il exercera contre lui sera peu considérable, proportionnellement à celui qu'il auroit produit, s'il n'avoit pas eu ce mouvement gira-

toire. Car nous avons vu que le choc oblique produit un effet beaucoup moins considérable que le choc direct.

DE LA RÉSISTANCE DES FLUIDES.

§. 640. Ce que nous venons de dire de la force des courans des fluides en mouvement, doit également s'entendre de leur résistance. Car qu'un corps solide soit choqué par un courant : ou que ce fluide étant tranquille, le corps soit mu dans ce fluide, on aura à-peu-près les mêmes phénomènes. Dans le premier cas, ce sont différentes parties du fluide qui viennent choquer avec force contre un obstacle. Dans le second cas, ce sont les mêmes parties du fluide en repos qu'il faut déplacer, et auxquelles il faut donner un mouvement égal à celui qu'elles communiquoient elles-mêmes dans la première hypothèse; tout doit donc être égal : les différences qui se rencontrent dépendent des circonstances particulières dont nous allons parler.

Si on suppose un fluide enfermé dans un canal à double fond; que le second fond soit mobile, et qu'on veuille le mouvoir; il est clair qu'il faudra un effort égal à celui de la masse de tout le fluide, puisque ce fond occupe tout le canal, et ne permet pas au fluide de s'échapper par les

côtés. L'effort sera donc le même que si on vouloit mouvoir un solide qui auroit les mêmes dimensions.

Mais si ce même fond se trouve placé dans un canal vingt fois plus large, et qu'on fasse mouvoir ce second fond avec la même vîtesse que dans l'expérience précédente, il ne faudra point la même force, parce que les parties du fluide ont le temps de céder et de couler par les côtés.

Par conséquent, la résistance qu'éprouve un corps pour traverser un fluide est d'autant plus grande, que le canal dans lequel coule le fluide est plus resserré. Un bateau se meut avec plus de difficulté dans un canal étroit et peu profond qu'en grande eau.

Il y a une seconde cause qui dans cette hypothèse augmente la résistance; c'est le *remou* qui fait élever l'eau à la partie antérieure du corps, et abaisser à sa partie postérieure; il est plus considérable dans un canal resserré que dans un large, parce que dans le premier cas, l'eau n'a pas l'espace pour céder avec promptitude au choc qu'elle reçoit.

Les différens degrés de vîtesse des diverses parties d'un fluide produisent de grands effets dans son mouvement; il s'en présente un exemple bien familier dans le cours des grands fleuves. S'il y a une anse dans le lit du fleuve, l'eau y est

refoulée ; elle éprouve un remou qui la force à remonter à une certaine hauteur, pour rentrer ensuite dans le grand courant ; quelquefois elle ne peut pas rentrer dans le courant, et elle ne fait que tournoier sur elle-même.

Nous avons vu que l'effort d'un courant contre un obstacle n'est pas, comme on l'avoit cru, toujours en raison du quarré de la vîtesse ; mais qu'il est en une raison beaucoup plus grande, lorsque cette vîtesse est très-considérable. La résistance qu'éprouve un corps qui se meut dans un fluide ne sera donc point non plus toujours en raison des quarrés de sa vîtesse ; mais souvent dans une proportion plus grande, et qui augmentera toujours en proportion que la vîtesse deviendra plus accélérée. Aussi sont-ce les résultats que donne l'expérience ; la cause de ce phénomène est la même que pour la force du courant.

Cette résistance dépendra beaucoup de la figure du corps ; la concave et la plane sont celles qui éprouvent le plus de résistance ; les figures curvilignes en éprouvent beaucoup moins.

Mais je crois que la cause principale du peu de résistance qu'éprouvent les corps qui traversent les fluides, en comparaison de celles qu'ils éprouvent en traversant des solides de même densité, vient du mouvement intérieur de chacune des parties des liquides. Supposons plusieurs

corps M mus circulairement sur leurs axes, tels que des totons d'enfans ; supposons un corps A passant au travers de ces corps M ; la moindre force, le plus petit choc les déplacera ; tandis qu'il faudroit une force assez considérable pour les déplacer s'ils étoient en repos.

Un corps qui traversera un fluide éprouvera donc beaucoup moins de résistance que s'il traversoit un solide dont les parties n'auroient aucun mouvement sur elles-mêmes ; car dans ce dernier cas la résistance seroit égale aux masses déplacées. Supposons une masse d'eau congelée réduite en poudre impalpable ; elle opposera aux corps qui la traverseroient, une résistance beaucoup plus considérable que ne le fait l'eau.

LOIX DU MOUVEMENT DU CHOC DES FLUIDES SANS TRANSPORT, OU DE LEURS OSCILLATIONS.

§. 641. Un mouvement d'oscillation communiqué à une masse de fluide, tel que celui qu'une corde vibrante communique à une masse d'air, ne la déplace pas sensiblement ; chaque molécule choquée transmet à ses voisines le mouvement qu'elle a reçu ; celles-ci en font autant ; ce qui se répète de proche en proche jusqu'à ce

que toute la force soit épuisée, en se partageant dans une masse considérable.

Cette communication pourroit se faire de la même manière que pour des corps solides. Si on suppose différentes billes égales parfaitement élastiques, placées à la suite les unes des autres, et que la première reçoive un choc, la dernière partira avec la vîtesse de celle qui a choqué.... Les molécules des fluides sont sphériques; elles sont toutes plus ou moins élastiques. Ainsi elles suivroient les mêmes loix que les billes dont nous venons de parler, si leurs centres de masse étoient parfaitement opposés; mais s'ils ne le sont pas, et qu'une molécule se trouve entre plusieurs autres, le choc se partagera entre toutes celles-ci. Or c'est ce qui a lieu pour les molécules des fluides: car elles sont dans un mouvement continuel. Plusieurs fluides sont mélangés: il n'est donc pas possible de supposer que leurs centres de masse soient toujours opposés. Il faut donc considérer le mouvement d'oscillation des fluides comme un mouvement d'ondulation semblable à celui que produit, par exemple, dans une masse d'eau un corps pesant qu'on y jette.

Newton a fait voir que les vîtesses des vibrations des milieux élastiques sont en raison composée de la sous-doublée de la directe de l'élasticité et de l'inverse de la rareté de ces milieux.

Pulsuum in fluido elastico propagatorum velocitates sunt in ratione composita ex subduplicata ratione vis elasticæ directe, et subduplicata ratione densitatis inverse. (Propositio XLVIII, Theorema XXXVIII lib. secundi.)

Euler a exprimé la même proposition par cette formule : « La vîtesse des ébranlemens transmis » par un fluide élastique est comme la racine » quarrée de l'élasticité, divisée par sa densité, » ou multipliée par sa rareté ».

Appelant l'élasticité M, la densité D, la rareté R, l'ébranlement E, nous aurons

$$E = \frac{\sqrt{M}}{D} \text{ ou } E = \sqrt{M R}.$$

Or cette élasticité et cette densité dans les fluides compressibles dépendent de la profondeur de la masse totale du fluide.

Newton compare les vibrations de ce milieu élastique à des vibrations très-petites d'un pendule.

Les géomètres ont postérieurement simplifié cette hypothèse, en regardant les molécules de ce milieu élastique qui oscille, comme une corde vibrante; c'est l'hypothèse de *Taylor* qui a été généralement adoptée. On sait que la corde tendue d'un instrument qu'on pince, vibre plus ou moins de temps, en faisant différens ventres. Supposons, disent-ils, une suite de mo-

lécules d'air, par exemple, appuyée par deux points, et qu'elle soit agitée par un corps sonore, elle vibrera comme la corde de cet instrument.

Si ces fluides étoient sans élasticité, la communication du mouvement décroîtroit en raison des cubes des distances du centre d'activité. Car supposons la puissance au milieu d'une masse fluide sphérique, par exemple, un timbre au milieu d'une masse d'air; il ébranle tout ce qui l'environne, c'est-à-dire une masse sphérique d'air plus ou moins étendue, en raison de son énergie. Or les sphères sont en raison des cubes des côtés homologues: donc une particule placée à un pied de distance de la puissance, recevra huit fois plus de mouvement que celle qui en sera à deux pieds. En supposant donc que l'air fût composé de molécules non élastiques, les sons devroient décroître en raison inverse des cubes des distances.

Mais tous les fluides sont élastiques; leurs oscillations doivent donc suivre d'autres raisons.

L'expérience a prouvé que dans ces oscillations la force suit à-peu-près l'inverse des quarrés des distances. Un corps sonore s'entendra à vingt pieds de distance avec quatre fois plus d'intensité qu'à quarante pieds.

Je dis à-peu-près; car le fait ne me paroît pas aussi certain qu'on le croit; et même les expé-

riences que j'ai faites me porteroient à croire que ce mouvement ne décroît pas suivant la raison des quarrés des distances. Si on place dans une chambre obscure une bougie allumée, et qu'on mette des corps égaux à des distances d'un pied, de deux pieds, de trois pieds... on verra que le corps qui est placé à un pied, n'est pas quatre fois plus éclairé que celui qui est à deux pieds, ni seize fois plus que celui qui est à quatre pieds.

Je crois que la même chose a lieu pour le son: Un timbre ne s'entend pas avec quatre fois plus de force à deux pieds de distance qu'à quatre....

Ce mouvement d'oscillation des grands fluides existans est très-commun dans la nature, et doit produire des effets continuels qui n'ont point encore été appréciés.

DU MOUVEMENT DE PLUSIEURS FLUIDES LES UNS DANS LES AUTRES.

§. 642. Plusieurs fluides peuvent se mouvoir les uns dans les autres, sans que leurs mouvemens en soient altérés au moins sensiblement. Prenons une masse d'air électrisée, soit naturellement par des nuages, soit avec nos machines; mettons dans la même sphère de puissans aimans; plaçons-y une tourmaline électrisée; faisons-y retentir les sons les plus variés, tels que ceux produits par

un grand orchestre; illuminons-la de mille feux diversement colorés; embaumons-la de toutes sortes de parfums.... chacun de ces phénomènes s'effectuera comme s'il étoit seul.

Cependant que de mouvemens dans cette sphère d'activité! Le fluide électrique du nuage, celui de la tourmaline, celui de la torpille, et le fluide magnétique, attirent et repoussent chacun séparément les différens corps qui seront soumis à leur action.

Les sons se font entendre, les couleurs se distinguent, les odeurs se répandent;

Et tous ces mouvemens s'exécutent sans confusion, et de la même manière que s'il n'y en avoit qu'un seul.

La plupart pourroient même avoir lieu dans l'eau.

Ce que nous supposons ici, a lieu journellement dans la nature. L'atmosphère est toujours chargée d'électricité : le fluide magnétique agit sans cesse autour du globe; la lumière arrive de tous les points de l'univers, des étoiles les plus éloignées, et est réfléchie de mille et mille manières par les corps terrestres : des sons plus ou moins variés agitent sans cesse l'air, lequel est d'ailleurs parfumé de mille odeurs différentes....

On rend ces difficultés encore plus saillantes, en saisissant tous ces mouvemens dans un petit

espace. On suppose un trou d'épingle fait à un diaphragme, et que l'œil apperçoive par ce trou d'épingle l'horison le plus vaste; que l'oreille y entende tous les sons dont nous avons parlé; qu'il y ait des courans de fluide électrique....

L'imagination effrayée ne sauroit se représenter l'énorme quantité de mouvemens différens qui se transmettent dans ce petit espace; des milliards de chiffres ne sauroient les exprimer. Comment tous ces mouvemens peuvent-ils avoir lieu dans un aussi petit espace, sans qu'ils se nuisent, ou qu'ils se décomposent, ou qu'ils se détruisent?

L'eau elle-même, qui n'est pas un fluide aussi subtil que ceux dont nous parlons, présente néanmoins des phénomènes fort analogues. Que sur un bassin d'une eau tranquille on jette différens corps, chacun de ces corps devient le centre de cercles concentriques de colonnes d'eau s'abaissant et s'élevant successivement : aucun de ces cercles ne se confond avec son voisin : une même partie d'eau aura donc différens mouvemens; et différens mouvemens se conserveront dans la même masse d'eau.

La même chose a lieu pour le mercure; des corps jetés sur un large bain de mercure, y excitent également des ondulations qui se comportent comme celles de l'eau; mais elles présen-

tent un phénomène particulier ; c'est que parvenues à l'extrémité de la surface du mercure, elles reviennent sur elles-mêmes se perdre dans le centre par un mouvement entièrement opposé au premier; car le premier s'est fait en divergeant, et le second se fait en convergeant.

Des solides présentent des loix toutes opposées à celles que nous venons de voir sur la surface de l'eau et du mercure ; leur mouvement se composeroit aux points d'intersection des différens cercles; et les corps seroient obligés de suivre les diagonales des forces.

Les sons se transmettent par l'air qui est un fluide élastique, assez subtil, et dont les molécules sont sphériques. Or nous avons vu que dans le choc de plusieurs billes élastiques, le mouvement se communique des unes aux autres, sans perte, et arrive jusqu'à la dernière. Supposons donc les dernières particules d'air qui se trouvent dans le sens de l'ouie : elles recevront tout le mouvement qui leur sera imprimé.

Ce mouvement des sons se communiquera latéralement à toutes les molécules collatérales, comme nous avons vu qu'il a lieu pour les molécules qui sont à la surface d'un vase plein d'eau ou de mercure.

Mais comment le mouvement pourra-t-il se communiquer à différens fluides qui sont mélan-

gés ? Le fait est certain ; le son, par exemple, se transmet à travers l'eau, par le moyen de l'air interposé entre les molécules de l'eau ; il faut donc supposer que tous ces fluides étant mélangés ensemble, peuvent recevoir chacun une impulsion particulière, comme l'air en reçoit ici dans l'eau.

L'électricité, le magnétisme, la lumière se communiquent également à travers des masses d'eau.

Tous ces faits sont certains, quoique nous ne puissions que difficilement en entrevoir la cause ; et ces différens mouvemens de plusieurs fluides, les uns dans les autres, ont la plus grande influence dans les phénomènes physiques.

§. 643. La nature n'opère que par les fluides : *Corpora non agunt nisi sint soluta.* On ne sauroit donc trop étudier les différentes manières dont agissent les fluides. Les géomètres se sont jusqu'ici attachés principalement à apprécier les loix des courans et des chûtes accélérées des fluides : néanmoins nous avons vu que l'expérience n'est pas toujours d'accord avec leurs calculs.

Le physicien doit plutôt chercher les moyens dont la nature opère ; qu'il soit toujours guidé par l'expérience, et qu'il étudie les loix des fluides dans les grands phénomènes ; c'est ce que

nous allons faire dans l'application de ces principes aux grands fluides connus.

DE LA CRISTALLISATION GÉNÉRALE DE LA MATIÈRE.

§. 644. La cristallisation doit être regardée aujourd'hui comme le principe fondamental des plus grands phénomènes de la nature. Tous les corps affectent constamment une figure particulière, lorsqu'ils sont livrés à leur force propre, et que cette action n'est point troublée ; chaque substance saline, chaque métal, chaque pierre a une forme appropriée.

Sans entrer ici dans tous les détails de la cristallographie que nous avons exposés ailleurs (§. 17), il suffira de rappeler que les phénomènes de la cristallisation sont dus à deux causes principales.

La première est la figure primitive des molécules constituant *mécaniquement* chaque cristal ; j'ai rapporté toutes ces figures à trois principales.

La lame triangulaire.
La lame rhomboïdale.
La lame rectangulaire.

La seconde cause de la cristallisation dépend

de la force d'affinité qui réunit ces lames ou molécules.

Ces principes rappelés, suivons les phénomènes de la cristallisation générale.

Toutes les parties premières de matière agitées sans cesse par leurs forces, se rapprochent, se combinent, et forment des premiers composés tels que le feu, le fluide lumineux, le fluide éthéré, le fluide électrique, le fluide magnétique, les différentes especes d'air, les différentes espèces de terre, l'eau...

Ces différens composés primitifs, qu'on appelle élémens, conserveront plus ou moins d'activité; ils se mouvront, s'agiteront, se heurteront : ils s'uniront un instant, s'éloigneront le moment suivant, se réuniront de nouveau, et enfin résultera une cristallisation générale de toute la matière existante.

Ces combinaisons ont formé deux espèces de corps, les solides et les fluides.

On m'a demandé quel étoit, suivant moi, ce mouvement des parties premières de matière, quelle étoit leur direction pour opérer cette cristallisation générale ?

Ma réponse est simple. J'ignore absolument le mode dont s'est produit ce grand phénomène; mais je vois que si je mêle dans un vase très-étendu un grand nombre de substances, qui aient

différentes affinités, telles que celles qui se trouvent dans les lessives des salpêtriers, toutes ces substances se réunissent chacune à part en suivant les choix d'élection, et cristallisent séparément.

Je vois les substances qui forment les pierres des terrains primitifs, tels que les quartz, les feld-spaths, les micas, les tourmalines, les hornblendes, les différentes gemmes, les différens schorls... cristalliser chacune séparément.

Comment s'opèrent ces combinaisons? Je l'ignore; mais le fait est certain; c'est tout ce que nous pouvons dire dans ce moment.

Regardons la réunion des premières parties de matière comme celle des différentes substances salines dans la chaudière du salpêtrier. Elles se réuniront de même pour opérer la cristallisation générale : toutes les difficultés qu'on peut me faire, se résoudront par cette comparaison : nous ne pouvons certainement pas expliquer comment plusieurs acides et plusieurs bases mises dans cette chaudière se réunissent et cristallisent chacune à part; mais le fait est certain.

Dans cette cristallisation générale, les parties similaires se seront réunies par la loi des affinités dans les différens points de l'espace; elles y auront formé différens centres.

Les molécules propres et composées des corps

solides se seront jointes, les parties les plus pesantes auront gagné les centres de ces masses ; c'est ainsi que se seront formées les masses principales des différens corps célestes.

Les parties les plus légères auront surnagé ; ce seront les fluides qui formeront les atmosphères de ces grands corps, et rempliront les espaces intermédiaires ; le nombre de ces fluides ne nous est peut-être pas encore entièrement connu : jusques ici nous n'en connoissons que huit.

Le fluide calorique.
Le fluide électrique.
Le fluide magnétique.
Le fluide lumineux.
Le fluide éthéré.
L'air pur ou l'oxigène.
L'air impur ou azote.
L'air inflammable ou hydrogène.

Peut-être y pourroit-on ajouter le gaz aqueux, ou l'eau réduite en fluide aériforme.

Au-dessous de ces fluides aériformes se trouvera l'eau qui formera les mers dont sont couvert la plupart de ces astres.

Les grands corps que nous connoissons sont de deux espèces.

Les uns sont lumineux par eux-mêmes ; ce sont les soleils.

Les autres sont opaques; ce sont les planètes et les comètes.

Sans vouloir entrer ici dans des détails réservés à la géométrie et à l'astronomie, nous allons suivre un instant les produits de la cristallisation universelle.

Elle n'a pu s'opérer qu'autant que tous les élémens jouissoient de leur force propre, c'est-à-dire qu'ils étoient dans un état de liquidité.

La figure qu'ont tous ces corps est une autre preuve qu'ils ont été liquides lors de leur formation; car elle est conforme à celle que donne leur mouvement de rotation sur eux-mêmes, d'après la théorie des forces centrales.

Peut-être y a-t-il quelques-uns de ces grands corps qui n'ont pas la figure sphéroïde, tel paroît être l'anneau de Saturne, en supposant qu'il ne soit pas un amas ou réunion des petits globes.

§. 645. Cette liquidité dont jouissoient les élémens qui ont formé ces globes, suppose qu'ils avoient une chaleur quelconque; les globes ont donc dû jouir de cette même chaleur dans les premiers momens de leur formation, et ils auront eu une *chaleur centrale.*

Mais cette chaleur doit se dissiper journellement, comme celle de tous les corps, en qui il n'y a pas une cause permanente qui l'entretienne.

Il seroit sans doute difficile d'assigner quel a été le degré primitif de la chaleur dans chacun de ces corps; mais s'il étoit connu, on pourroit peut-être déterminer la quantité de leur refroidissement comme nous le ferons voir en parlant du refroidissement du globe terrestre.

§. 646. Il se pourroit que les forces générales des molécules qui forment ces grands globes fussent dans un parfait équilibre, et se trouvassent toutes *in nisu* : pour lors ces globes n'auroient aucun mouvement, ni de progression en ligne droite, ni de rotation sur eux-mêmes.

Si au contraire les forces de ces molécules ne sont pas en équilibre, ces globes auront un mouvement; il sera en ligne droite, si les directions des forces passent par le centre des masses; mais si cette direction des forces ne passe pas par le centre des masses, ce mouvement fera tourner ces globes sur leurs axes par l'action de cette force prépondérante d'une partie des molécules qui les composent. Ce mouvement pourra être en même temps progressif, ou dans une ligne droite comme celui d'un boulet de canon, (abstraction faite de la parabole que lui fait décrire la force de gravité), ou dans une ligne courbe (*fig. 1, pl. II.*) comme M, N; tel est celui de tous les corps célestes, et de la terre en particulier.

Jean Bernoulli a calculé l'effet de cette force qui fait tourner ces grands globes sur leurs axes, et leur fait décrire leurs orbites; il a supposé qu'un choc quelconque avoit été appliqué à une certaine distance du centre de ces masses, laquelle il a estimée en portions de leurs rayons.

Pour Jupiter, à $\frac{7}{19}$ de son rayon.

Pour Mars, à $\frac{1}{418}$ de son rayon.

Pour la Terre, à $\frac{1}{60}$ de son rayon (1).

Pour la Lune, à $\frac{1}{150}$ de son rayon, suivant *d'Alembert*.

Les calculs ne sont pas faits pour les autres astres.

Mais quelle est la main qui auroit donné ces chocs?

Il faut donc absolument reconnoître que cette impulsion vient des parties mêmes qui composent ces globes, c'est-à-dire d'un mouvement giratoire et progressif qu'elles leur imprimeront.

Pythagore et toute son école pensèrent que les planètes et les comètes étoient des corps semblables à notre terre; que le soleil étoit au centre de notre système planétaire, et que notre globe se mouvoit autour de lui, ainsi que toutes les

---

(1) *La Place* dit à $\frac{1}{160}$ du rayon, en supposant la terre homogène. (*Exposition du Système du monde, tome I, pag. 298.*)

autres planètes. Ce philosophe avoit sans doute appris cette doctrine des anciens peuples, les Egyptiens, les Ethiopiens, les Caldéens ou les Indiens. Car il n'auroit pu trouver dans sa patrie un assez grand nombre d'observations astronomiques pour s'élever à la hauteur de ces idées.

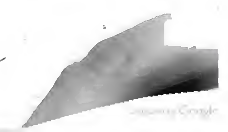
Thalès qui avoit puisé aux mêmes sources que *Pythagore*, soutint aussi la même doctrine; et elle fut adoptée par toute l'école d'Ionie.

Copernic, lors du renouvellement des sciences, démontra cette opinion, et l'appuya de faits qui ne permettent plus d'en douter; aussi est-elle généralement admise par tous les physiciens.

Chaque étoile, ou soleil, est donc un centre commun, autour duquel circulent des planètes et des comètes, lesquelles pèsent vers lui, comme il pèse vers elle.

Tous ces corps ont un double mouvement; l'un de rotation autour de leurs axes, ce qui constitue leurs jours; et l'autre est un mouvement dans une ellipse plus ou moins alongée; ce qui constitue leur année. Mais quelle est la cause de ces mouvemens? C'est ce qui a été l'objet des recherches des plus grands philosophes.

Descartes supposa que chaque globe étoit le centre d'un tourbillon de fluides subtils, qui tournoient avec lui, et poussoient vers les cen-



tres de ces globes tous les corps renfermés dans ces tourbillons.

Un tourbillon peut être emporté par un autre tourbillon plus fort ; c'est ainsi que le tourbillon de la Lune est entraîné par celui de la Terre ; que ceux des satellites de Jupiter, de Saturne, de Herschel, le sont par leurs planètes principales ; enfin que celui du Soleil s'est emparé de ceux de toutes les planètes : la même chose a eu lieu dans tout l'univers.

Mais *Descartes* ne fit pas attention que la force de son tourbillon ne pouvoit être *centripète*, elle n'étoit qu'*axipète ;* les différentes vîtesses des planètes autour du soleil, conformément aux loix de *Keplèr*, ne pouvoient non plus s'expliquer dans l'hypothèse des tourbillons cartésiens. Car, suivant ces loix, les quarrés des vîtesses des planètes sont proportionnels aux cubes de leurs distances. Or ces proportions ne seroient point celles des différentes vîtesses des couches du tourbillon solaire, prises aux diverses distances des planètes au soleil.

Il fallut faire différentes suppositions pour répondre à ces objections. De grands géomètres cherchèrent à faire voir que la force axipète pouvoit se changer en centripète ; et que le quarré des temps des révolutions des planètes pouvoit s'accorder avec le cube des distances ;

mais on a démontré l'insuffisance de ces différentes hypothèses.

L'observation des comètes qui se meuvent dans toutes sortes de directions, même contre l'ordre des signes, c'est-à-dire, qui ont une direction contraire à celle des planètes, apporta une nouvelle difficulté au système des tourbillons, et elle est insoluble : car le tourbillon ne pourroit emporter les planètes dans un sens, et les comètes dans un autre.

Newton supposa que tous ces globes célestes avoient reçu un premier mouvement de rotation sur leurs axes, et un second d'impulsion sur la tangente de leurs orbites. Il supposa ensuite que chacun de ces globes pesoit les uns sur les autres, en vertu de la force d'attraction qui agit en raison de la directe des masses et de l'inverse des quarrés des distances; avec ces deux hypothèses on explique parfaitement les différens mouvemens de ces astres.

Il n'est plus permis aujourd'hui de s'écarter de l'hypothèse de *Newton*, qu'on doit regarder COMME UN FAIT; il est sûr que les astres agissent les uns sur les autres, comme s'ils s'attiroient suivant les loix établies par ce grand géomètre.

Mais d'un autre côté, il faut rechercher la cause physique de cette attraction, comme l'a

dit *Newton* lui-même : voici celle qui me paroît la plus probable.

Je suppose que lors de la cristallisation des grandes masses des corps célestes, il y a eu inégalité de forces dans les élémens combinés qui les composent; et il se présente deux hypothèses. Ou le résultat général de cette inégalité est égal à la force d'impulsion que nous venons de voir qui seroit nécessaire, d'après l'hypothèse de *J. Bernoulli*, pour imprimer à chaque astre le double mouvement qu'il a de rotation sur son axe, et de trajectoire dans une courbe elliptique.

Ou le résultat des forces imprima seulement à l'astre un mouvement de rotation sur son axe, et un mouvement en ligne droite sur la tangente de son orbite: dès-lors il faudroit admettre une autre force qui représentât la force centripète; cette dernière force se combinant avec la force tangentielle, feroit décrire une ellipse à l'astre; c'est l'hypothèse de *Newton*, laquelle est généralement admise aujourd'hui.

Ce sera donc cette dernière hypothèse que j'admettrai. Je viens d'assigner la cause de la force de rotation et de la force tangentielle, je chercherai ensuite à assigner la cause de la force centripète.

DES SOLEILS.

§. 647. Sans entrer ici dans l'énumération de tous les corps célestes connus, nous rapporterons seulement que *Herschel* ayant calculé le nombre d'étoiles contenues dans un espace du ciel de huit degrés de longueur et de trois de largeur, en a trouvé 44 mille; d'où il a conclu qu'en supposant proportionnellement le même nombre d'étoiles dans toute l'étendue du ciel, il y en avoit 75 millions.

Mais si on fait entrer dans ce calcul les étoiles qui composent la gallaxie ou voie lactée, ainsi que les nébuleuses, le nombre de celles que nous pouvons appercevoir sera beaucoup plus considérable : peut-être s'élevera-t-il à 100 millions, et peut-être plus.

Et sans doute nous sommes bien éloignés de voir toutes celles qui existent, puisqu'on en apperçoit d'autant plus que les télescopes qu'on emploie ont plus de force.

Notre soleil a sur son axe un mouvement de rotation qu'on estime s'opérer en 25 jours 10 heures.

Il se meut dans une ellipse, dont le centre ne sort pas de sa masse; elle a par conséquent peu d'étendue; mais on n'en a encore calculé au-

cun des élémens. On ignore même le temps que le soleil emploie à la parcourir.

Nous devons conclure par analogie que les étoiles ont également un double mouvement; l'un diurne de rotation sur leur axe, et l'autre annuel dans une ellipse.

Notre soleil a un mouvement progressif vers la constellation d'Hercule par les 260° d'ascension, et les 27° de déclinaison boréale.

Les étoiles ont de semblables mouvemens qu'on a déjà observés sur les principales. On a calculé que le déplacement d'Arcturus par année est de plus de 80 millions de lieues... toutes les autres étoiles paroissent éprouver de pareils déplacemens.

Peut-être existe-t-il un centre commun de gravitation universelle, autour duquel circulent tous les soleils que nous appercevons, comme les planètes et les comètes circulent autour de leurs soleils.

Et dans cette hypothèse, les courbes que décrivent les soleils seroient des épycicloïdes.

DES PLANÈTES ET DES COMÈTES.

§. 648. QUANT aux corps célestes opaques, nous ne pouvons distinguer que ceux qui sont autour de notre soleil; il en est de deux espèces, les planètes et les comètes.

Elles se meuvent les unes et les autres autour de cet astre dans des ellipses plus ou moins alongées : ces ellipses se changent même en épycicloïdes, parce que le soleil lui-même se meut dans une ellipse, et a un mouvement progressif, comme nous l'avons vu, vers la constellation d'Hercule. Les ellipses décrites par les planètes et les comètes se changeront donc en épycicloïdes, comme celle que la lune décrit autour de la terre, laquelle entraîne son satellite.

On ne connoît pas le nombre de comètes existantes autour de notre soleil. Les observateurs ont déjà calculé la marche de 83 (1) : sans doute il en existe un bien plus grand nombre ; leurs volumes, leurs masses, et leurs autres élémens sont encore inconnus.

Leurs ellipses sont très-alongées ; c'est pourquoi elles ne paroissent qu'un temps très-court : celle de 1682 achève sa révolution en 75 ans environ. Son année est par conséquent plus courte que celle de Herschel.

L'ellipse que décrivent les planètes, est beaucoup moins alongée et rapproche du cercle.

Mais la nature ne faisant pas ordinairement de transitions brusques, il est vraisemblable qu'il

---

(1) Journal de Physique, 1794.
Depuis ce temps on en a apperçu une 84e.

existe des comètes, dont les ellipses se rapprochent de plus en plus de celles des planètes.

On connoît sept planètes principales : Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Herschel.

Et quatorze secondaires; la Lune, les quatre satellites de Jupiter, les sept satellites de Saturne, et deux satellites de Herschel.

Il est encore dans notre systême solaire un autre corps opaque, l'anneau de Saturne qui est divisé en deux parties. On ignore si ce sont réellement deux anneaux, ou si ce sont des petits globes très-proches les uns des autres.

Toutes ces planètes se meuvent dans des ellipses, ou plutôt dans des épycicloïdes : voici le temps qu'elles emploient à faire leurs révolutions.

Le soleil.... on l'ignore.

Mercure,	87j.	23h.	14′	36″.
Vénus,	224	16	39	4.
La Terre,	365	5	48	48.
Mars,	686	22	18	27.
Jupiter,	4330	14	39.	
Saturne, 29 ans	162	4	27.	
Herschel, 83 ans	29	8	39.	

Les planètes secondaires se meuvent autour de leurs planètes principales : voici le temps de leurs révolutions.

La Lune,	27j.	17h.	43′	11″.
1er satellite de Jupiter,	1	18	27	33.
2e satellite,	3	13	13	41.
3e satellite,	7	3	42	32.
4e satellite,	16	16	32	8.
Anneau de Saturne,	0	10	32	0.
1er satellite de Saturne,	0	22	40	4.
2e satellite,	1	8	53	9.
3e satellite,	1	21	18	26.
4e satellite,	2	17	44	51.
5e satellite,	4	12	25	11.
6e satellite,	15	22	41	16.
7e satellite,	79	7	53	42.
1er satellite de Herschel,	8	17	1	19.
2e satellite,	13	11	5	1.

On a ensuite calculé la distance des planètes principales au soleil : voici ces distances moyennes.

Mercure,	13,299,000 lieues.
Vénus,	24,351,885.
La Terre,	34,357,480.
Mars,	52,350,340.
Jupiter,	178,692,550.
Saturne,	327,748,720.
Herschel,	655,602,600.

Les distances moyennes des satellites à leurs planètes principales, sont pour

La Lune,	86,351^{l},
1er satellite de Jupiter, environ	188,000.
2e satellite,	140,000.
3e satellite,	222,000.
4e satellite,	400,000.
Anneau de Saturne,	9,520.
1er satellite,	46,000.
2e satellite,	59,000.
3e satellite,	70,000.
4e satellite,	90,000.
5e satellite,	130,000.
6e satellite,	300,000.
7e satellite,	900,000.
1er satellite de Herschel,	105,000,
2e satellite,	140,000.

On a déterminé le volume de ces corps, en prenant leurs distances et leurs diamètres.

Soleil,	1,384,472.
Mercure,	0,064,558.
Vénus,	0,890,250.
La Terre,	1,000,000.
Mars,	0,140,600.
Jupiter,	1281,000,000.
Saturne,	994,900,000.
Herschel,	80,490,000.
La Lune,	0,020,360.
1e satellite de Jupiter.	
2e satellite.	

3e satellite.

4e satellite.

Anneau de Saturne.

1er satellite de Saturne.

2e satellite.

3e satellite.

4e satellite.

5e satellite.

6e satellite.

7e satellite.

1er satellite de Herschel.

2e satellite.

Le volume de tous ces satellites est peu considérable : on a ensuite calculé les masses de ces grands corps.

Soleil,	351,886.
Mercure,	0,168,800.
Vénus,	0,956,000.
La Terre,	1,000,000.
Mars,	1,102,500.
Jupiter,	330,600,000.
Saturne,	103,690,000.
Herschel,	17,740,000.
La Lune,	0,015,107.
1er satellite de Jupiter,	0,000,068.
2e satellite,	0,000,024.
3e satellite,	0,000,006.
4e satellite,	0,000,005.

Anneau de Saturne.
1er satellite de Saturne.
2e satellite.
3e satellite.
4e satellite.
5e satellite.
6e satellite.
7e satellite.
1er satellite de Herschel.
2e satellite.

Les masses de l'anneau de Saturne, de ses satellites et de ceux de Herschel, n'ont pas été calculées.

La masse de toutes les planètes principales et secondaires de notre système solaire est donc environ 455 (celle de la terre étant 1), par conséquent la huit centième partie de celle du soleil.

Et en estimant toutes ces masses ensemble, y comprise celle du soleil, nous aurons pour somme 352341, la masse de la terre étant 1.

Mais la masse de la terre est environ dix septillions de nos livres.

Par conséquent, la masse de notre soleil, de ses planètes principales et secondaires, sera 10,000,000,000,000,000,000,000,000 × 352,341 = 3,523,410,000,000,000,000,000,000,000,000 de livres.

Nous ignorons les masses des comètes qui vrai-

semblablement sont beaucoup plus considérables que celles des planètes, puisqu'il y en a un très-grand nombre, et puisqu'on dit avoir vu des comètes qui paroissoient presque aussi grosses que le soleil. (Il est vrai qu'elles étoient moins éloignées.) Nous manquons de faits à cet égard.

Supposons leur masse quatre fois plus considérable environ que celle des planètes, ou pour faire un compte rond, 1769, celle de la terre étant 1.

Nous aurons pour somme de la masse de notre soleil, de ses planètes et comètes, 3,540,000,000, 000,000,000,000,000,000,000 de livres.

Pour donner une idée de l'étendue de la portion de l'univers qui nous est connue, rappelons au souvenir du lecteur que la parallaxe de l'étoile la plus proche n'est pas d'une seconde; en supposant que la parallaxe de Sirius, l'étoile qui nous paroît la plus grosse, soit d'une seconde, sa distance seroit 206,265 fois plus grande que celle du soleil; par conséquent seroit de 7,086,740,000,000 de lieues.

Son diamètre seroit de 34,000,000 de lieues, ou égal à la distance du soleil à la terre.

Qu'on calcule maintenant les planètes et les comètes qui doivent acompagner de si grandes masses.

A quelle distance seront donc les étoiles de

dixième grandeur, et celles qui sont encore plus éloignées, et que nous verrions si nos télescopes avoient plus de force?

Mais il peut y avoir d'autres étoiles qui soient plus petites que Sirius, et qui soient égales à notre soleil, ou même plus petites. Supposons donc que les étoiles, les unes par rapport aux autres, soient égales à notre soleil, et qu'elles aient le même nombre de planètes et de comètes.

Supposons encore que le nombre de ces étoiles soit de cent millions; en multipliant par cent millions la masse de notre soleil, de ses planètes et de ses comètes, nous aurons celle de toute la matière solide existante que nous appercevons : elle sera = 3,540,000,000,000,000,000, 000,000,000,000,000,000,000 de livres.

Il n'est pas aussi facile d'avoir la masse des fluides, mais nous allons prendre des approximations.

Le poids de l'atmosphère terrestre est égal à une couche de trente-deux pieds d'eau, répandue sur toute la surface de la terre. Or cette surface est de 25,772,921 lieues quarrées; la lieue étant de 2,283 toises, chaque lieue quarrée d'une couche de trente-deux pieds d'eau peseroit 35,125,238,080 livres; et par conséquent toute l'atmosphère terrestre peseroit 35,125,238,080

× 25,772,921 = 905,281,985,344,031,680 de livres.

Il seroit difficile d'apprécier le poids des autres fluides qui appartiennent à la terre, l'électrique, le magnétique, le calorique, le lumineux, l'éthéré ; ils sont au moins un million de fois plus rares que l'air atmosphérique, comme nous le verrons. On peut donc supposer que chacun de ces fluides n'a qu'un millionième du poids de l'air atmosphérique, c'est-à-dire, que son poids n'est encore que de 900,000,000,000 de livres.

Ainsi en supposant au plus fort le poids de tous les fluides qui appartiennent à la terre, il ne sera tout au plus que de 1,000,000,000,000,000,000 ; par conséquent la dix millionième de celui du globe.

Nous pouvons faire la même hypothèse pour toutes les planètes, les comètes, et le soleil lui-même.

Nous supposerons donc que tous les fluides qui appartiennent aux différens globes de notre système solaire ne sont que la dix millionième partie de leur masse ; leur poids sera par conséquent environ de 354,000,000,000,000,000,000,000 de livres.

Et en faisant la même supposition pour les autres soleils, nous aurons pour poids de tous les

grands fluides de l'univers, 354,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000.

Et par conséquent, la masse totale de la matière existante que nous connoissons, sera 3,540,000,354,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000 de livres.

On sent assez que tous ces calculs ne sont que des approximations très-éloignées.

DE LA FORMATION DE L'ATMOSPHÈRE TERRESTRE.

Sic igitur terræ concreto corpore pondus
Constitit, atque omnis mundi quasi limus in imum
Confluxit gravis, et subsedit funditus, ut fæx.
Inde mare, inde aer, inde æther ignifer ipse.

LUCRETIUS, *lib. v.*

§. 649. DANS la formation des grands globes, les parties les plus pesantes ont gagné les centres de ces corps; et les plus légères, savoir les eaux, les airs, le fluide électrique, le magnétique, le calorique, le lumineux, l'éthéré..... ont été repoussés à leur surface; c'est ce qui a formé leurs mers, leurs atmosphères aériennes, et les autres fluides qui les enveloppent : nous allons d'abord considérer l'atmosphère aérienne de la terre qui nous est la mieux connue.

La physique reconnoît actuellement plusieurs

espèces d'air, comme nous l'avons vu (§. 26); savoir, l'air pur ou gaz oxygène; l'azote ou air impur; l'air inflammable ou le gaz hydrogène; le gaz hydrogène sulfuré ou gaz hépatique; le gaz hydrogène phosphoré, ou gaz inflammable phosphorique; l'acide carbonique ou l'air fixe.

Une portion de ces airs est entrée dans la formation des substances minérales, et l'autre est demeurée dans les eaux; enfin la partie restante s'est élevée par sa légéreté au-dessus des parties solides du globe, et a formé l'atmosphère terrestre.

Cette atmosphère est composée: 1°. d'air pur; 2°. d'azote; 3°. d'acide carbonique; 4°. d'air inflammable.

L'acide carbonique étant très-soluble dans l'eau, est saisi promptement par les eaux pluviales qui l'entraînent avec elles dans les mers et les lacs; d'ailleurs sa pesanteur spécifique est beaucoup plus considérable que celle des autres portions de l'air atmosphérique: il ne sauroit donc se soutenir dans le vague de l'atmosphère. Aussi toutes les eaux qui sont à la surface du globe en contiennent-elles une certaine quantité.

L'air inflammable qui est très-léger gagne les régions supérieures de l'atmosphère; c'est pourquoi on a observé que l'air est moins pur à une

certaine hauteur, telle que douze à quinze cents toises, qu'à une hauteur moyenne.

Il ne reste donc pour composer la partie inférieure de l'atmosphère que l'air pur et l'air impûr. Les expériences les plus exactes paroissent indiquer que l'air pur en fait les 0,26 ; et l'azote, ou l'air impur, les 0,74. Ces airs ne sont que mélangés et pas combinés.

L'air atmosphérique contient toujours une plus ou moins grande quantité d'eau.

Il s'y trouve aussi quelquefois des portions d'acide carbonique...

Enfin on y voit, à travers un rayon de lumière, flotter de petits corps très-légers, et dont la nature n'a point encore été assez examinée.

Tous ces corps étrangers qui se trouvent dans l'atmosphère en font une portion considérable de son poids. *Lambert* (1) a cherché à déterminer ce poids, d'après la différence qui se trouve dans la propagation du son, d'avec celle que donne la théorie; il dit que le pied cubique d'air étant estimé 684 grains, il y en a 222 grains qui appartiennent à ces parties étrangères, c'est-à-dire à-peu-près le tiers.

Je pense que la plus grande partie du poids de l'air atmosphérique est due à l'eau qu'il contient.

(1) Mémoires de Berlin, 1768.

Nous allons maintenant considérer les propriétés de cet air.

Nous avons parlé ailleurs de sa pesanteur. Son élasticité est très-considérable; de l'air enfermé dans un ballon jouit de la plus grande élasticité.

La nature de l'air ne nous est pas plus connue que celle des autres fluides. *Deluc* demande si on ne pourroit pas regarder l'air atmosphérique comme l'éther condensé.

« Seroit-il absurde, dit-il, de penser que l'air » et l'éther sont une seule et même substance dif- » féremment modifiée; que les atmosphères des » planètes sont l'éther condensé autour d'elles » par la gravitation; et que les différences de » densité, de transparence, et de vertu réfrin- » gente de ces atmosphères, sont produites par » celles des masses des planètes, et par la nature » et la quantité des vapeurs qui s'en élèvent » ? (*Modificat. de l'Atmosphère, tom. II, p. 251.*)

Je ne crois pas que cette idée puisse se soutenir; l'éther peut être comprimé suivant les analogies; mais cette compression ne peut pas le faire changer de nature. L'air comprimé dans le fusil à vent, par exemple, conserve toutes ses qualités. L'éther, par la compression, ne pourroit donc être amené au point d'être contenu dans des vaisseaux, comme l'est l'air; il est trop subtil pour cet effet.

L'air atmosphérique peut, comme tous les autres fluides, avoir diverses espèces de mouvement.

DU MOUVEMENT DE LIQUIDITÉ DE L'AIR.

§. 650. Tous les fluides ayant un mouvement de liquidité, comme nous l'avons dit, l'air n'en doit pas être privé. Des faits nombreux prouvent que ce mouvement est assez vif dans l'air; c'est ce qu'on doit conclure principalement de sa qualité dissolvante.

DE LA FORCE DISSOLVANTE DE L'AIR.

§. 651. L'AIR paroît avoir une force dissolvante, comme tous les autres fluides; il tient toujours en dissolution une grande quantité d'eau. On doit bien distinguer cette eau qui est tenue en dissolution dans l'air, de celle qui y est en vapeurs vésiculaires; cette dernière constitue principalement les nuages, et l'autre est invisible.

L'air peut aussi être dissous par l'eau, et sans doute par plusieurs autres fluides. Si on fait bouillir de l'eau, ou qu'on l'expose sous le récipient de la machine pneumatique, il s'en dégage une

quantité d'air qu'on peut estimer à environ un trentième de la masse de l'eau; qu'on laisse ensuite cette eau exposée à la même atmosphère, elle redissoudra la même portion d'air qu'on pourra en extraire de nouveau au bout de trois ou quatre jours.

DE LA FORCE EXPANSIVE DE L'AIR, ET DE SA COMPRESSIBILITÉ.

§. 652. CETTE force expansive de l'air est prouvée par une multitude de faits; mais il suffira de considérer les phénomènes qui se passent dans la machine pneumatique : le récipient bien appuyé sur la platine, on abaisse le piston, il se fait un vide dans le corps de pompe. On ouvre le robinet : aussi-tôt l'air s'y précipite; et il se divise proportionnellement et dans le récipient, et dans le corps de pompe; de manière qu'il conserve la même densité dans l'un et l'autre vase. La même chose a lieu chaque fois qu'on abaisse le piston; et on voit descendre le mercure de l'éprouvette qui est dans le récipient. *Boyle* est parvenu à dilater cet air jusqu'à dix mille fois plus que dans son état ordinaire; et sans doute on pourroit porter cette dilatation plus loin. Or tous ces effets sont une suite de sa force expansive.

L'air n'est pas moins compressible qu'il n'est expansif. Personne n'ignore la manière dont on le comprime dans la canne à vent, et les efforts qu'il fait pour s'échapper; il lance pour lors une balle avec une très-grande rapidité.

Par une suite de cette compressibilité, les couches inférieures de l'atmosphère ont beaucoup plus de densité que les supérieures, puisqu'elles sont surchargées de tout le poids de celles-ci.

On a cherché à déterminer les proportions que cette compressibilité de l'air suivoit. *Mariotte* renferma une portion d'air dans un syphon; il versa dans l'autre branche 28 pouces de mercure; l'air fut réduit à la moitié de son volume : en ajoutant 28 autres pouces de mercure, ce qui faisoit 56 pouces, la portion d'air fut réduite à un tiers de son volume; il en tira la conséquence que la compression de l'air est en raison directe des poids qui le compriment, et que sa dilatation est en raison inverse des mêmes poids.

D'où il conclut que la densité d'une masse d'air quelconque, comprimée par des poids, décroît en raison géométrique de la hauteur.

Cette proposition est vraie dans la théorie, parce qu'on suppose cet air homogène; mais l'air atmosphérique est composé de différentes parties qui ne sont pas également compressibles, comme nous

allons le voir; et il y a au moins un tiers de son poids qui est composé de parties hétérogènes.

DE LA HAUTEUR DE L'ATMOSPHÈRE TERRESTRE.

§. 653. CETTE hauteur ne nous est point encore connue, malgré les recherches des plus grands physiciens, qui ont employé différentes méthodes pour la déterminer.

Les astronomes se sont servis des réfractions, lesquelles sont sensibles à 18 degrés au-dessous de l'horison; mais elles varient en raison de la densité de l'air atmosphérique, de sa condensation par le froid des vapeurs... Néanmoins, toute correction faite, ils ont conclu que d'après les réfractions, la hauteur de l'atmosphère étoit environ de 15 à 20 lieues, ou plus exactement de 38000 toises (1).

L'ombre que l'atmosphère terrestre produit sur la lune, dans le temps des éclipses de cet astre, a été supposée la soixantième partie de celle de la terre; ce qui donneroit pour hauteur de l'atmosphère, 54000 toises (2).

Les aurores polaires ont fourni à *Mairan*

(1) *La Lande*, Astronomie, tome II, page 559.

(2) *Ibid.* tome II, page 560.

d'autres données pour calculer la hauteur de l'atmosphère; il estime qu'elle est au moins de 270 lieues (1).

Le baromètre a paru à d'autres physiciens fournir le moyen le plus sûr pour estimer la hauteur de l'atmosphère. Le mercure n'est soutenu dans le tube de *Toricelli* que par le poids de l'air atmosphérique. Si cet air étoit à-peu-près incompressible comme l'eau, cette méthode nous donneroit d'une manière infaillible la hauteur de l'atmosphère; car il n'y auroit qu'à s'assurer du nombre de pieds d'élévation d'air nécessaire pour soutenir, par exemple, une ligne de mercure. Supposons que ce fût 75 pieds; on multiplieroit ces 75 pieds par 336 qui expriment le nombre de lignes contenues dans 28 pouces.

Mais l'air est très-compressible, ainsi que nous l'avons vu; d'où il s'ensuit que sa densité diminue à mesure qu'on s'éloigne de la terre. Car si nous exprimons le poids de toute la colonne d'air par x, la couche la plus proche de la terre, celle où le mercure se soutiendroit à 28 pouces, seroit comprimée par un poids égal x. La couche dans laquelle le mercure ne se soutiendroit qu'à 14 pouces, ne seroit plus comprimée que par $\frac{1}{2}x$; et ainsi des autres couches.

(1) Aurore boréale.

En supposant que cette compression suivît des règles constantes, nous aurions une progression géométrique pour exprimer les degrés de densité des différentes couches de l'air atmosphérique; et c'est ainsi qu'on les supposoit autrefois; mais aujourd'hui on a reconnu qu'il y avoit d'autres données à faire entrer dans ce calcul.

1°. La différente dilatation de l'air atmosphérique par la chaleur, et sa condensation par le froid. Proche la surface de la terre, la chaleur est plus considérable en été que dans les portions élevées; mais en hiver, dans nos régions sur-tout et les régions polaires, la condensation est plus considérable à la surface de la terre qu'à une certaine hauteur. On a donc été obligé de prendre un terme moyen pour base; et dans tous les calculs on rapporte les différens degrés de température de l'atmosphère à ce terme moyen qu'on suppose être 10°.

2°. L'air atmosphérique n'est point homogène, comme nous l'avons vu; mais il est composé de plusieurs espèces d'air de différentes densités; les plus légers, qui sont l'air inflammable et ensuite l'azote ou l'air impur, gagneront donc les régions supérieures; et les plus pesantes, qui sont l'air pur et l'acide carbonique, gagneront les régions inférieures.

3°. L'air atmosphérique contient une très-

grande quantité de matières étrangères, telles que A, de l'eau dissoute ; B, de l'eau en vapeurs vésiculaires ; C, peut-être plusieurs autres fluides; D, ces petits corps solides qu'on y voit voltiger....

Toutes ces substances et toutes ces différentes espèces d'air n'ont point les mêmes degrés de compressibilité, de condensation, ni de dilatation; ainsi on a été obligé d'abandonner les calculs faits d'après la compressibilité de l'air, pour ne consulter que l'expérience.

On a supposé l'atmosphère divisée en différentes zones, par exemple en 336 parties, qui correspondent aux 336 lignes de mercure; et on a cherché à calculer l'épaisseur de chacune de ces zones, d'après les observations du baromètre.

Deluc a fait ces calculs; il a trouvé que la zone où le mercure ne se soutiendroit qu'à une ligne, seroit de 25275 pieds, ou 4212 $\frac{1}{2}$ toises.

Que la hauteur de l'atmosphère, prise jusqu'au point où le mercure ne se soutiendroit qu'à une ligne, seroit de 25100 toises, ou environ 11 lieues.

Que cette même hauteur de l'atmosphère prise au lieu où le mercure ne se soutiendroit plus qu'à un dixième de ligne, seroit de 35505 toises.

La densité de l'air atmosphérique diminuant à mesure que la compression devient moindre, par conséquent *la hauteur de l'atmosphère est sans bornes*, dit *Deluc* (*tom. II, pag. 248, modification de l'Atmosphère*); c'est par la même raison que nous ne pouvons pas faire de vide parfait dans la machine pneumatique.

« Si la terre étoit le seul grand corps de l'uni- » vers, ajoute *Deluc*, il suivroit de notre principe » que l'atmosphère seroit sans bornes; mais il » existe d'autres globes, vers lesquels l'air gra- » vite. Par conséquent, à de certaines distances » de la terre, l'air au lieu de continuer à se dilater, » doit se condenser de nouveau, en tendant vers » d'autres grands globes plus fortement que vers » la terrre ». (*ibid. pag. 248.*)

Les bornes de l'atmosphère terrestre seroient, dans cette hypothèse, les points où l'air cesseroit de peser vers la terre, et peseroit vers les autres globes.

Pour donner une idée de la grande rareté de l'air à une certaine hauteur, nous allons rapporter les paroles de *Newton.*

« L'air est comprimé par le poids de l'atmos- » phère, et la densité de l'air étant proportionnelle » à la force qui le comprime, il s'ensuit par le » calcul, qu'à la hauteur de huit milles d'Angle- » terre (le mille anglais est de 830 toises) de-

» notre globe, l'air est quatre fois plus rare que » sur la surface de ce globe; et qu'à la hauteur » de seize milles, il est seize fois plus rare qu'à » la surface de la terre; qu'à la hauteur de 24, » de 32, de 40 milles, il est respectivement 64, » 256, ou 1024 fois plus rare; et qu'à la hau- » teur de 80, de 160 ou de 240, il est environ » 1,000,000, ou 1,000,000,000,000, ou 1,000, » 000,000,000,000,000 de fois plus rare, et da- vantage ». (*Optiq. Quest. XXVIII.*)

On voit qu'à la hauteur de 240 milles anglais, ou à-peu-près 87 lieues, la rareté de l'air atmosphérique seroit exprimée par dix-neuf chiffres, d'après les données de *Newton*

Mais enfin cette hauteur a-t-elle un terme? ou peut-on dire que l'atmosphère s'étend à une hauteur indéfinie? Certainement cette élévation est bornée; mais nous en ignorons les limites.

L'air atmosphérique est un fluide compressible; l'atmosphère terrestre est enveloppée par les fluides répandus dans les espaces éthérés et par l'atmosphère solaire: elle en sera donc comprimée d'une manière quelconque.

Les différens phénomènes, sur-tout ceux de l'aurore polaire, prouvent qu'elle a au moins trois cents lieues d'élévation; et sans doute elle s'étend encore au-delà des limites où l'aurore polaire est visible. Or, d'après tous ces calculs,

il est certain que même à cette hauteur de trois cents lieues, elle doit avoir une rareté prodigieuse; d'où on doit conclure que la pression qu'exercent sur elle les différens fluides répandus dans l'espace, est peu considérable.

De tous ces faits il résulte :

1°. Que la hauteur de l'atmosphère est inconnue.

2°. Qu'à la hauteur de 38,000 toises, la rareté de notre air atmosphérique est telle, qu'il ne produit plus de réfractions sensibles.

3°. Qu'à la hauteur de 54000 toises, elle peut jeter de l'ombre sur la lune.

4°. Que d'après les phénomènes de l'aurore polaire, sa hauteur est au moins de 270 lieues.

La densité de l'air atmosphérique ne diminue donc point suivant une progression géométrique, comme on l'avoit cru. *Euler* a exprimé cette diminution par une courbe particulière.

Cette densité de l'atmosphère doit varier à chaque instant, à raison de la dilatation ou condensation produite par la chaleur du soleil. *Daniel Bernoulli* prétend qu'il est démontré que le poids absolu d'une colonne d'air verticale sous l'équateur pendant les grandes chaleurs, n'est pas la moitié si grand que celui d'une pareille colonne sous le cercle polaire en hiver. Par conséquent, la densité du premier ne seroit que

la moitié de celle du second dans cette hypothèse.

L'atmosphère terrestre doit être un sphéroïde très-relevé sous l'équateur; 1°. à cause de la force centrifuge; 2°. à cause de la grande raréfaction qu'y produisent les rayons du soleil. *La Place* prétend que le plus grand rapport qui puisse exister entre ces deux axes est comme 2 à 3.

Mais un phénomène intéressant pour le géologue, est que l'atmosphère terrestre devoit être beaucoup plus considérable après la formation des terrains primitifs, qu'elle ne l'est aujourd'hui. Car depuis cette époque, il s'est combiné une quantité immense des différens airs dont elle est formée, pour la composition des nouvelles couches de la terre.

1°. Pour la formation des végétaux et des animaux, dont les débris font partie des couches calcaires, pour celle des bitumes, des bois fossiles, des tourbes...

2°. Pour la formation des différentes substances salines, acides et alkalines, qui se trouvent dans ces couches nouvelles, sur-tout pour l'acide carbonique qui y est si abondant.

3°. Pour la formation du soufre, du phosphore, et des substances métalliques dans lesquelles il est vraisemblable qu'il entre différens airs.

4°. Pour la formation des nouvelles terres produites par les forces vitales des êtres organisés, dans lesquelles il est aussi vraisemblable qu'il entre différentes espèces d'airs : ces terres sont la calcaire, la magnésie, l'argileuse, la quartzeuse, et peut-être la pesante.

Puisque l'atmosphère terrestre avoit dans les commencemens une hauteur beaucoup plus considérable qu'aujourd'hui, ses couches inférieures devoient avoir une densité plus grande que celle qu'elles ont maintenant, étant comprimées par une colonne plus élevée.

Cette plus grande densité pouvoit contribuer à la chaleur supérieure qui régnoit dans ces mômens à la surface de la terre.

Nous verrons, que suivant *la Place*, cette diminution a pu influer sur la longueur des jours, et les rendre beaucoup plus courts.

DU MOUVEMENT D'OSCILLATION DANS L'AIR, OU DES SONS.

§. 654. Le son est un mouvement excité dans l'air; c'est une espèce de vibration dans ses parties constituantes, occasionnée par un pareil mouvement dans le corps sonore. Il faut distinguer deux espèces de vibrations dans le corps sonore, et dans l'air, suivant la remarque de *la Hire*.

Il a rappelé un fait connu de tout le monde. Qu'on prenne une pincette, qu'on la frappe avec le doigt, ou qu'on en rapproche les deux branches, et qu'on les lâche, il y a vibration et point de son; qu'on frappe cette pincette avec un corps dur, par exemple un morceau de fer, il y a vibration et son. Qu'on passe lentement les doigts sur le diapason, il n'y a point de son; qu'on les passe rapidement en le comprimant, il y a son; c'est que dans ces derniers cas les parties du corps sonore éprouvent des vibrations fortes, qu'elles n'ont pas dans l'autre circonstance.

Les sons se propagent en toutes sortes de directions; un corps sonore devient le centre d'activité d'une sphère qui est toute ébranlée.

Nous avons vu les différentes manières dont les physiciens géomètres envisagent ces oscillations de l'air qui produisent les sons.

De la vîtesse du son.

§. 655. La vîtesse du son n'est pas considérable: les expériences les plus exactes qu'on ait faites, paroissent donner 1088 pieds par seconde proche la surface de la mer ou à ce niveau, c'est-à-dire le baromètre se soutenant à 28 pouces.

Le son fort et le son foible se propagent avec la même vîtesse.

Les brouillards ne paroissent pas produire un effet sensible dans la propagation du son.

Mais le vent en produit beaucoup, parce qu'il transporte la masse d'air que propage le son. Aussi lorsque le vent vient du côté du corps sonore, on entend le son à une plus grande distance, et le contraire a lieu dans les cas opposés.

Pendant la nuit le son paroît parvenir plus loin que le jour, quand même on seroit dans un lieu très-tranquille; cette différence doit venir de ce que l'air est plus condensé pendant la nuit que pendant le jour, à cause de la chaleur.

Enfin, proche la surface de la terre, le son s'entend beaucoup plus loin qu'à une certaine hauteur au-dessus de cette surface. Tout le monde sait qu'en mettant l'oreille contre terre, on entend à une distance prodigieuse des sons qui seroient absolument insensibles autrement; cet effet me paroît tenir à une cause particulière. Dans un appartement où il y a voûte avec coulisse qui communique aux deux angles opposés, des personnes situées à ces angles peuvent se parler, et s'entendre parfaitement sans que ceux qui sont au milieu de l'appartement entendent rien; c'est ce que l'on fait journellement dans une des salles de l'Observatoire de Paris. La surface de la terre opère sans doute le même effet que fait la coulisse dans cette circonstance.

Le son est plus foible à mesure qu'on s'élève au-dessus du niveau de la mer. Un coup de pistolet tiré à une hauteur de douze à quinze cents toises, ne fait presque point de bruit.

Le son d'un carillon renfermé sous le récipient de la machine pneumatique, diminue à mesure qu'on fait le vide; il augmente au contraire si l'on comprime l'air.

On a conclu de tous ces faits que le son est toujours proportionnel à la densité de l'air et à son élasticité.

Sa vîtesse suit les mêmes proportions; elle dépend de la densité de l'air et de son élasticité, comme nous avons vu que cela a lieu dans tous les fluides élastiques.

Newton a cherché à calculer la loi que suivoient les sons dans la vîtesse : voici celle qu'il assigne. Il dit que la vîtesse du son est égale à celle qu'acquerroit un corps qui tomberoit de la moitié de la hauteur de l'atmosphère, supposée par-tout de la même densité que celle de la couche où se feroit entendre le son.

Supposons un corps sonore dans une couche de l'atmosphère où le baromètre se soutient à 28 pouces; il faut chercher quelle seroit la hauteur de cette atmosphère, en la supposant partout de la même densité : il y a deux méthodes pour la trouver.

1°. Son poids. L'air est 11900 plus léger que le mercure; ce nombre multiplié par 28 pouces donne 333200 pouces, ou 27766 $\frac{2}{3}$ pieds pour la hauteur de l'atmosphère supposée également dense; la moitié, ou 13883 $\frac{1}{3}$, est la hauteur d'où un corps doit tomber, pour acquérir la vîtesse du son. Ce corps acquerroit une vîtesse de 915 pieds par seconde.

2°. L'autre méthode est la mesure de l'air par le baromètre : une ligne d'abaissement donne 72 pieds ou 75 pieds. Ainsi 28 pouces ou 336 lignes donneront 24192 pieds ou 25200 pieds, dont la moitié donne la hauteur, d'où il faudroit qu'un corps tombât pour acquérir une vîtesse égale à celle du son : cette vîtesse ne se trouve être que de 855 pieds.

Newton qui avoit bien vu que ces résultats étoient trop foibles, attribua cette différence aux parties hétérogènes qui sont dans l'air atmosphérique, comme nous l'avons vu; ces parties n'ont point l'élasticité qu'ont les molécules de l'air.

L'intensité des sons paroît diminuer à-peu-près en raison inverse des quarrés des distances.

Des échos.

§. 656. Le son se réfléchit comme la lumière, ce qui produit les échos : mais comment se fait cette réflexion ?

Les échos ont lieu contre toutes sortes de corps, des maisons, des montagnes, des forêts, des nuages.... Dès-lors, la réflexion du son ou de l'air sonore ne peut être produite comme celle de la lumière qui s'opère sur un miroir, lequel est une surface plane.

D'ailleurs ces corps qui réfléchissent le son, n'ont pas tous l'élasticité nécessaire : car le son réfléchi ou l'écho, a la même vîtesse que le son primitif.

Il paroît donc que le son n'est point réfléchi par l'obstacle doù il semble partir, mais par l'air lui-même dont le mouvement vibratoire est arrêté : et en continuant de regarder les molécules d'air sonore comme une corde vibrante, on dit que l'écho a lieu toutes les fois qu'à l'extrémité de cette corde il se rencontre un obstacle qui arrête son mouvement, et fait que cette corde a un mouvement rétrograde sur elle-même. « La fibre » sonore sera comme réfléchie par l'obstacle » qu'elle rencontre, et rebroussera avec la même » vîtesse ; ce qui donne une explication bien na-

»turelle des échos ordinaires». (*La Grange*, *Mécanique analytique*, *pag. 511.*)

De la diversité des sons.

§. 657. La diversité des sons a fait naître les mêmes discussions par rapport à l'air, que celle des couleurs relativement au fluide lumineux.

Les sons peuvent varier de deux manières ; ou quant au ton, ou quant à l'intensité.

1°. Il est prouvé que le ton dépend du nombre des vibrations du corps sonore. Plus les vibrations sont fréquentes, plus le ton est aigu ; et réciproquement il est d'autant plus grave que les vibrations sont plus lentes.

On croit que le son le plus grave que notre oreille puisse saisir, seroit celui qui ne feroit que trente à quarante vibrations dans une seconde ; et que le plus aigu seroit celui qui feroit trois à quatre mille vibrations dans le même temps.

2°. Mais sur le même ton il peut y avoir des sons absolument différens pour l'intensité : de même qu'une couleur, par exemple le rouge, peut avoir plus ou moins d'intensité, plus ou moins d'éclat.

La question est de savoir comment la même masse d'air peut transmettre cette variété de sons.

Newton a supposé que le fluide lumineux étoit

composé de molécules hétérogènes, dont les unes représentoient telles couleurs, et les autres telles autres.

Mairan a fait la même hypothèse par rapport à l'air (1) : il l'a supposé également composé de molécules hétérogènes qui ont différens degrés d'élasticité, et dont les unes donnent tels sons, et les autres tels autres.

Cette hypothèse n'a point été admise par les physiciens : ils ont prouvé que la différente nature des particules de l'air et leur différente élasticité ne pouvoient influer que sur la vîtesse du son (2).

D'ailleurs l'air étant un fluide expansif et compressible, si quelques-unes de ces parties avoient plus d'élasticité que les autres, elles réagiroient sur celles-ci jusqu'à ce que l'équilibre fût rétabli, et qu'elles eussent toutes acquis le même degré de densité et d'élasticité.

Mais comment la même masse d'air peut-elle transmettre plusieurs sons différens, et quant au ton et quant à l'intensité ? *La Grange* croit « que cette propagation des différens sons dans la » même masse d'air se fait comme si chacun » d'eux étoit seul, et qu'il se communique d'une

(1) Mém. de l'Acad. des sciences de Paris, 1737.

(2) *La Grange*, Mém. de Turin, 1759.

»particule d'air à l'autre la même impulsion qui »a été produite par le corps sonore. Par consé-»quent lorsqu'un ou plusieurs sons se rencontrent, »la particule d'air qui se trouve dans le point de »rencontre, recevra une impulsion composée »des impulsions particulières qui constituent la »nature de chacun d'eux; et, passé ce moment, »ils continuent leur chemin comme aupara-»vant (1)».

Si on jette dans un bassin rempli d'eau des corps de différentes grosseurs et avec différentes forces, chacun d'eux produit sur la surface de l'eau des ondulations plus ou moins considérables, qui ne se confondent point.

§. 658. Les différentes espèces d'air ont la plus grande influence dans les phénomènes géologiques : ils forment l'atmosphère terrestre, comme nous venons de le voir; ils remplissent les grottes souterraines, les cavernes, l'intérieur des volcans.

Ils font partie des atmosphères particulières de plusieurs corps et de leurs molécules.

Enfin ils entrent dans presque tous les corps composés comme principes constituans; l'air pur est un des principes les plus abondans des acides;

---

(1) *Ibidem*, page 102.

il se retrouve dans les oxides métalliques : les autres airs se trouvent aussi en une quantité plus ou moins abondante dans différens corps.

DU MOUVEMENT DE TRANSPORT DE L'AIR, OU DES VENTS.

§. 659. L'action des vents est si forte sur les eaux des mers, et les courans de celles-ci ont une si grande influence sur la surface de la terre, que le géologue ne peut se dispenser de parler des uns et des autres.

L'atmosphère est un fluide immense, formant une surface sphéroïde concave, dont une des grandes circonférences a neuf mille lieues de circuit proche la surface de la terre, et une hauteur dont nous ne connoissons point encore les limites. Son équilibre est sans cesse troublé, et il s'y excite des courans comme dans tout fluide dont les parties cessent de se balancer; ces courans, qui sont ce qu'on appelle les vents, transportent des masses d'air à des distances plus ou moins considérables.

Les physiciens reconnoissent ordinairement trois causes principales des vents (1).

(1) « Les vents sont les effets de trois causes principales » et générales, dit *Mariotte* (*Traité du mouvement des*

I. L'atmosphère doit être considérée comme faisant partie du globe terrestre, et tourne avec la même vîtesse que lui : ce mouvement très-rapide sous l'équateur diminue jusqu'aux poles où il est nul ; mais la rareté de l'air atmosphérique l'empêchera de se mouvoir aussi vîte que la partie solide du globe : ceci sera encore plus sensible pour les couches élevées. Une autre cause retardera ce mouvement de l'atmosphère terrestre.

» *eaux*, imprimé en 1690, *Collection de ses Œuvres*, » page 343). 1°. Le mouvement de la terre d'occident en » orient; 2°. les vicissitudes des raréfactions de l'air par » la chaleur du soleil, et de ses condensations lorsque le » soleil cesse de l'échauffer.

» 3°. Les vicissitudes des élévations de la lune vers » son apogée, et de ses descentes vers son périgée.....

» La surface de la terre entraine avec soi l'air qui en » est proche, mais avec un peu moins de vîtesse ; ce qui » doit faire paroître un mouvement d'air d'orient en oc- » cident à ceux qui sont sous l'équateur, jusqu'à une la- » titude de plus de vingt degrés de part et d'autre.... c'est » de-là que peuvent procéder les vents alizés entre les » tropiques..... ».

Cousin a dit dans son *Traité élémentaire de Physique*, imprimé en 1795, page 135 :

« Le noyau de la terre se meut d'occident en orient » avec plus de vîtesse que les eaux qui le recouvrent et » que l'atmosphère qui environne ces eaux. D'où il doit » résulter un vent alizé d'orient en occident, et un cou- » rant constant dans la même direction ».

Elle est enveloppée de l'atmosphère solaire, et de plusieurs autres fluides. Or ces fluides doivent faire, et font une résistance quelconque aux corps qui les traversent; il seroit difficile de calculer quelle doit être cette résistance qu'éprouve l'atmosphère terrestre, et par conséquent quel doit être son mouvement rétrograde apparent. Nous ignorons l'étendue de cette atmosphère, et la nature des fluides qu'elle traverse.

Mais à en juger par les comètes, dont les atmosphères sont quelquefois visibles sous forme de chevelures, de queues... ces mouvemens peuvent être considérables; il est des comètes dont les queues sont très-prolongées, et ont jusqu'à 100 degrés d'étendue en arrière, tandis qu'à la partie antérieure de l'astre, cette atmosphère a très-peu d'étendue.

On doit conclure de ces faits que la couche d'air qui sera à une certaine élévation au-dessus des plus hautes montagnes, se mouvra moins vîte que ces montagnes; il paroîtra par conséquent que cette couche aura un mouvement contraire à celui de la terre, c'est-à-dire, qu'elle paroîtra se mouvoir d'orient en occident. Ce mouvement qu'auront les couches supérieures se communiquera jusqu'à celles qui sont proche la surface de la terre, et pourra influer sur le vent général d'*est*; c'est une première cause du

vent alizé, laquelle a cependant peu d'effet : en voici une autre.

Nous allons voir qu'il y a des vents continuels de nord et de sud qui de chaque pole se portent à l'équateur. « Or, dit *la Place*, (*Exposition* »*du Système du Monde*, *tom. II*, *pag. 163.*) »la vîtesse réelle de l'air due à la rotation de la »terre est d'autant moindre, qu'il est plus près »du pole; il doit donc en s'avançant vers l'équa»teur tourner plus lentement que les parties cor»respondantes de la terre; et les corps placés à »la surface terrestre, doivent le frapper avec »l'excès de leur vîtesse, et en éprouver par sa »réaction une résistance contraire à leur mouve»ment de rotation. Ainsi, pour l'observateur qui »se croit immobile, l'air paroît souffler dans un »sens opposé à celui de la rotation de la terre, »c'est-à-dire d'orient en occident ».

On m'a fait sur cette opinion, qui ne m'est point particulière, quelques objections (1) dont la principale est celle-ci. Si l'atmosphère terrestre éprouvoit, dit-on, une résistance quelconque, les mouvemens annuel et journalier de la terre

---

(1) Il s'est glissé une faute d'impression dans cet endroit où il est dit, « que la couche de l'atmosphère qui » s'étendroit jusqu'à la lune, ne se mouvroit pas plus » vite que la lune elle-même..... »

en seroient retardés ; ce qui est contraire à l'observation.

Je réponds qu'il est reconnu de tous les astronomes géomètres (1), que l'éther ou fluide dans lequel se meuvent la terre et les planètes oppose à tous les corps célestes qui le traversent une résistance qui est sans doute très-foible, mais qui néanmoins produit une petite inégalité dans la longueur de l'année. Au reste, le fait est constant et avoué de tous les physiciens.

§. 660 II. Une seconde cause du vent général d'*est*, suivant *Mariotte*, est l'action de la lune; il avoit négligé celle du soleil; mais *d'Alembert* a prouvé (2) que le soleil agissoit, ainsi que la lune, sur l'atmosphère comme sur l'océan, et y produisoit un mouvement semblable vers l'occident, c'est-à-dire des marées.

Quelques géomètres soutiennent aujourd'hui que cette cause a très-peu d'effet ; cependant il est reconnu qu'on a de grands coups de vent aux équinoxes, quelquefois aux solstices, et assez souvent aux différentes phases de la lune. Or ces vents ne peuvent être produits que par l'action du soleil et de la lune, laquelle se fait également sentir sur les marées aux mêmes époques.

(1) *Newton, Euler.....*

(2) Mém. sur la cause des vents, 1746.

§. 661. III. Mais la principale cause des vents généraux provient de la chaleur du soleil. On a prouvé (1) que l'air atmosphérique depuis le terme de la glace jusqu'au 20e degré de *Réaumur*, se dilate d'environ un douzième. La dilatation est d'environ un quart à la température de 40 degrés de *Réaumur*, et des deux tiers à celle de 60 degrés de *Réaumur*. Or dans la zone torride la chaleur du jour va jusqu'à 30, 40 et même 70 degrés dans les sables, tandis que les nuits sont assez fraîches. L'air doit donc être dilaté considérablement pendant le jour, et plus ou moins condensé pendant la nuit. Par conséquent, cette dilatation produira un vent qui précédera le lever du soleil : aussi le vent d'*est* est-il plus sensible à l'aurore, et il est toujours assez violent pour être frais; cette cause a une action bien plus marquée en été qu'en hiver.

Voilà donc trois causes du vent général d'*est*.

1°. La vîtesse de rotation de l'atmosphère moins grande que celle du globe.

2°. L'action du soleil et de la lune sur l'atmosphère.

3°. La dilatation que produit l'action des rayons solaires sur l'air atmosphérique.

§. 662. Mais le soleil et la lune n'ont point

---

(1) *Prony*, Journal Polytechnique, 2e cahier, page 37.

toujours la même position relativement à la terre; celle-ci s'écarte de 23° 27′ 2″ de chaque côté de l'équateur céleste, c'est-à-dire que l'axe de la terre est incliné de la même quantité sur le plan de son orbite. La lune s'écarte de chaque côté de l'équateur de plus de 30 degrés; ces différentes positions de la terre, relativement au soleil et à la lune, produiront de nouveaux mouvemens dans l'atmosphère terrestre, comme ils en produisent dans l'océan relativement aux marées. Aussi avons-nous des vents plus ou moins impétueux aux équinoxes, aux solstices, aux différens points lunaires.

Néanmoins les plus grands changemens dans les vents seront produits principalement par les différens degrés de chaleur que la présence ou l'absence du soleil occasionnent alternativement dans les deux hémisphères de la terre : ce sont des vents constans et réguliers qu'on appelle *alizés*.

Lorsque le soleil correspond à un des tropiques de la terre, il éclaire et échauffe toute cette atmosphère ; il y a un jour de plusieurs mois à ce pole : la chaleur y devient considérable, et monte jusqu'à 28 et 30 degrés. Les neiges et les glaces fondent dans les plaines et sur la plupart des montagnes....

Dans le même temps le pole opposé est

couvert d'épaisses ténèbres. Le froid le plus rigoureux s'y fait sentir ; des brumes continuelles y règnent ; la neige s'y amoncèle de plusieurs pieds ; les eaux y perdent leur liquidité. On y trouve des glaçons de plusieurs centaines de pieds d'épaisseur....

On sent combien l'air doit être condensé par un froid que nous avons vu monter jusqu'à la congélation du mercure, et qui sans doute va encore beaucoup plus loin. Si sa condensation par le froid est proportionnelle à sa dilatation par la chaleur, elle sera de près d'un tiers de ce qu'elle étoit au terme de la glace.

Le soleil revenant ensuite échauffer cet hémisphère, dilatera cet air jusqu'à 25, 30 et même 40 degrés au-dessus de zéro. Quelle dilatation n'éprouvera-t-il donc pas ? elle sera peut-être plus de moitié de son volume.

Ces condensations et dilatations alternatives de l'air produiront dans l'atmosphère des courans considérables, c'est-à-dire des vents plus ou moins impétueux, dont nous allons tâcher de faire l'histoire.

Lorsqu'on échauffe un corps, qu'on allume par exemple du feu, ou au milieu d'un champ, ou dans une cheminée, la partie de l'air qui le touche est échauffée et dilatée ; elle s'élève dans la partie supérieure de l'atmosphère, mais elle

est remplacée par des courans inférieurs d'un autre air qui vient remplir le vide que laisse celui-ci. Il s'établit donc deux courans d'air auprès des matières enflammées; l'un supérieur, qui élève la portion d'air qui touche les substances en combustion; et l'autre inférieur, d'un air qui vient prendre la place de celui-ci.

L'action du soleil produit le même effet sur la masse de l'atmosphère. Car lorsqu'il passe, par exemple, du côté du pole boréal en avril, mai et juin, toute la partie de l'atmosphère de cet hémisphère est dilatée à la surface de la terre, proportionnellement depuis l'équateur jusqu'au pole. Cet air s'élevera donc et gagnera la partie supérieure de l'atmosphère, principalement depuis la ligne jusqu'au tropique, et un peu au-delà; mais le vide que causera cette dilatation sera remplacé par un courant d'air qui viendra des régions polaires que le soleil n'a pas encore eu le temps d'échauffer. On aura donc dans toute cette saison un vent de nord.

Ce vent de nord fera lui-même un vide qui sera remplacé par de l'air qui viendra des régions superieures; cet air sera en partie celui que nous venons de voir s'élever vers les tropiques, lequel s'est refroidi considérablement à cette grande hauteur.

Mais ce vent de nord, à mesure qu'il approche

de l'équateur, se change en vent d'ouest, parce qu'il n'a pas la même vitesse de rotation que le globe. D'ailleurs arrivé à une certaine latitude, par exemple de 30 degrés, il rencontre le vent général ou alizé d'est, il le coupe à angle droit. Dès-lors il se fera un mouvement composé, et ces deux vents n'en feront plus qu'un qui sera nord-est.

Ce vent nord-est gagnera en partie les régions élevées de l'atmosphère ; et arrivé à une certaine hauteur, il refluera au pole boréal.

Ainsi il y aura un double courant dans cette portion de l'atmosphère ; un inférieur du pole vers le tropique du cancer, et un supérieur de cette portion de la zone torride, située entre ce tropique et l'équateur, vers ce même pole.

Le soleil arrivé au solstice d'été échauffera tout cet hémisphère, et principalement les régions polaires ; c'est pourquoi il n'y aura point de courant ou de vent général du nord en juillet et août.

Mais cet astre rétrogradant dans ce temps-là, les régions polaires boréales se refroidiront, l'air s'y condensera, l'air supérieur s'y précipitera.

L'air de la zone torride et de la partie de la zone tempérée qui la touche, se dilatera de nouveau, gagnera la partie supérieure de l'atmosphère ; l'air polaire y affluera comme en avril,

mai et juin, et il y aura un nouveau vent de nord.

Ce vent de nord augmentera de plus en plus, à mesure que le soleil s'avancera vers l'autre tropique, celui du capricorne.

Il s'établira par les mêmes causes dans cet hémisphère austral des vents de sud qui partiront du pole austral, et se porteront vers le tropique du capricorne, proche la surface de la terre, et un courant dans les régions supérieures qui portera de l'équateur au pole austral.... Ce vent de sud coupera également le vent alizé d'*est* à angle droit, et se changera en vent de sud-est.

On voit donc que l'atmosphère terrestre doit éprouver deux grands mouvemens généraux.

1°. Le courant général d'orient en occident, ou grand vent alizé d'est.

2°. Un courant continuel qui de chacun de ses poles court vers l'équateur, proche la surface de la terre; arrivé à quelque distance du tropique, il s'élève dans la partie supérieure de l'atmosphère, et de-là il reflue vers chaque pole, pour se précipiter de nouveau vers la surface de la terre.

§. 663. Ces vents qui portent des poles vers l'équateur, doivent devenir chaque jour plus violens; car ils dépendent de la différence de température entre les régions polaires et la zone

torride. Or cette différence augmente continuellement par le refroidissement progressif des zones polaires, tandis que la température de la zone torride devient de plus en plus élevée (§. 776). Ainsi les vents des poles doivent augmenter annuellement en intensité. Nous verrons d'autres effets intéressans qui résultent de cette cause.

Tels seroient les courans excités dans l'atmosphère, si la surface de la terre étoit plane, c'est-à-dire sans montagnes, et composée de matières homogènes, ou toute couverte d'eau, ou toute composée d'une même espèce de terres ou de pierres. On pourroit soumettre tous ces mouvemens au calcul, si on connoissoit la hauteur de l'atmosphère, et l'élasticité de ses différentes couches.

§. 664. Mais la surface de la terre est bien éloignée d'être homogène et plane.

Là sont des montagnes élevées, toujours froides, et souvent couvertes de neige; l'air ne peut donc y éprouver la même dilatation que dans la plaine, qui a un degré de chaleur plus ou moins considérable.

Ici sont des pays découverts, des sables brûlans.....

A côté sont des forêts, des prairies, des savannes.....

Ailleurs sont de grandes pièces d'eau, des marais, des rivières, des lacs, des mers, qui, comme nous l'avons vu, ne prennent jamais la même température que le continent.

Ces pièces d'eau sont différemment terminées relativement aux continens; elles avancent ici dans les terres, et font des golfes profonds; ailleurs ce sont les terres qui font des avancemens, et forment des caps, des promontoires....

Il y aura donc différentes dilatations et condensations de l'air, et dans les plaines, et dans les montagnes, et sur les eaux, et dans les pays couverts de bois, et dans ceux qui sont cultivés, et dans les sables brûlans.... C'est ce qui produit les vents de terre et les vents de mer, des vents des plaines et les vents des montagnes, ou *brises* de mer et de terre, *brises* des plaines et des montagnes.....

Toutes ces causes agiront différemment et dans l'été et en hiver, le jour et la nuit, et modifieront sans cesse les vents généraux.

Enfin ces vents ne sont pas à une grande hauteur au-dessus de la surface de la terre; d'où il s'ensuivra qu'une grande masse de montagnes qui se trouve opposée à la direction du vent, en détourne le cours, comme cela a lieu pour les cours des fleuves.

§ 665. Plusieurs autres causes qui dépendent toujours du même principe, la dilatation et la condensation de l'air, modifieront encore les vents généraux. En voici quelques-unes.

a Les nuages. Ils interceptent souvent les rayons du soleil, et par conséquent ils produisent du froid; d'autres fois ils les condensent, et augmentent la chaleur.

b Les pluies. Elles rafraîchissent toujours l'air et le condensent.

Ces deux causes produisent des effets très-sensibles dans les pays chauds, où il y a des pluies de plusieurs mois.

c La végétation. Elle absorbe beaucoup d'air au printemps et en été.

Au contraire, en automne et en hiver, la décomposition de toutes les plantes annuelles, et celle des feuilles des plantes vivaces, font dégager beaucoup de cet air absorbé.

d Les vapeurs souterraines, les gaz, les mofètes, les éruptions volcaniques, la combustion des corps, la respiration et la transpiration des animaux et des végétaux, la formation et la décomposition de tous les corps de la nature, absorbent ou laissent dégager de l'air.... Toutes ces causes troubleront l'équilibre de l'atmosphère.

e Les grands mouvemens des eaux des fleuves, des torrens, des mers.... donneront aussi une im-

pulsion à une masse d'air, et causeront des vents.

f Il se dégage quelquefois des courans d'air considérables, de certains terrains, tels que celui qui se dégage de toutes les eaux minérales, les gaz et les moffètes des mines...... Les actes de *Leipsick* parlent d'un lac de Boleslaw en Bohême, d'où il sort des vents impétueux... A la Solfatare, et en plusieurs autres volcans, il se dégage beaucoup d'air; il y a même des volcans d'air, tels que celui de Maccaluba, dont nous parlerons....

g Enfin l'électricité aérienne paroît aussi pouvoir troubler l'équilibre de l'air. De violens ouragans accompagnent ordinairement les temps de tonnerre; une forte explosion de la foudre est souvent accompagnée de pluie. On peut supposer que l'électricité contribue à soutenir les vapeurs (§. 623) qui se précipitent en pluies lorsque cette électricité se dissipe; et cette pluie changeant la température de l'air, produit des vents.

h Peut-être y a-t-il quelquefois dans le moment de l'explosion de la foudre, combustion d'une portion d'air inflammable et d'air pur; ce qui produit un vide momentané, où l'air ambiant se précipite.

i Le froid, que produit la grêle en condensant l'air, contribuera aussi à la formation de ces ouragans.

k L'aurore boréale étant un phénomène électrique, peut produire des vents.

Telles sont les principales causes des vents; elles en produisent une foule de locaux, qui modifient sans cesse les vents généraux : il est extrêmement difficile d'en faire l'histoire, parce qu'ils varient à chaque instant, comme ces causes elles-mêmes. Nous allons cependant essayer d'en faire l'application aux principaux vents qui sont connus.

§. 666. Il n'y a que deux vents généraux, ainsi que nous l'avons vu.

1°. Le vent alizé d'est.

2°. Les vents de nord et de sud qui viennent de chaque pole.

Ces vents ne se trouvent que dans les grandes mers, comme la mer Atlantique, celle du Sud et des Indes, parce que nulle cause locale ne peut les faire varier à un certain point.

Le vent alizé d'est se trouve dans l'océan Atlantique, ordinairement par les 20 à 30 degrés de latitude boréale, et à-peu-près autant de latitude australe. Au-delà de cette latitude on rencontre les vents de nord-est et de sud-est, qui s'étendent jusqu'à environ 35 à 40 degrés de latitude, soit boréale, soit australe.

Ces vents de nord-est et de sud-est s'appro-

chent quelquefois davantage de l'équateur, suivant que le soleil est vers l'un ou l'autre tropique. Lorsqu'il est du côté de l'hémisphère boréal, à la fin de juillet et au mois d'août, les vents du sud s'étendent dans l'océan Atlantique quelquefois jusqu'à 11 degrés de latitude boréale, et ils se fixent entre le sud-est et le sud-ouest.

Sur toute la côte occidentale de l'Amérique, vers les mers du Sud, les vents qui viennent des poles s'étendent presque jusqu'à l'équateur sur une largeur de 150 à 200 lieues en mer; c'est parce que le grand vent alizé d'est est arrêté par les hautes chaînes des Andes; et il ne reprend son cours sur la mer du Sud qu'à environ 200 lieues des côtes.

En général, sur toutes les côtes, le grand vent alizé est modifié par les vents ou brises de mer et de terre; c'est pourquoi les vents de nord ou de sud s'y font sentir plus fortement.

§. 667. La position des continens influe beaucoup sur les vents généraux. Le vent alizé qui souffle sur l'océan Atlantique est arrêté dans sa partie inférieure par les Andes, comme nous venons de le dire : il est donc obligé de refluer latéralement le long de la côte orientale d'Amérique vers chaque pole; il y contrarie par conséquent les vents de nord et de sud; arrivé par

exemple sur les côtes de Honduras et dans le golfe du Mexique, il remonte le long des Bermudes, jusques du côté de Terre-neuve, et il se change pour lors en nord-ouest, pour revenir sur les côtes d'Europe. Aussi est-ce à cette latitude qu'on va chercher ce vent pour le retour d'Amérique. Arrivé à une certaine distance d'Europe, il est obligé de céder aux vents de nord qui déterminent de nouveau son cours vers l'équateur. On voit donc que cette portion de l'atmosphère qui obéit au vent alizé, décrit une espèce de grand cercle; partant des côtes d'Afrique en deçà l'équateur, elle se porte sur les côtes de l'Amérique; elle remonte au nord, revient en Europe par les latitudes de 40 à 50 degrés, et redescend de nouveau sur la côte d'Afrique...

La même chose a lieu dans la partie australe de l'océan Atlantique; le vent alizé partant des côtes d'Afrique, et arrivé sur les côtes du Brésil, se dirige au sud; mais l'Amérique étant terminée au cap Horn, ce vent ne revient pas à l'ouest d'une manière aussi marquée que dans notre hémisphère.

On retrouve dans la mer du Sud la même marche du vent alizé; il porte directement à l'est. Pour aller d'Acapulco aux Philippines, on suit son cours; mais il est réfléchi par les terres du Japon, les côtes de la Chine, et sur-tout les

montagnes de la Tartarie; et pour revenir de Manille à Acapulco, il faut aller chercher un vent d'ouest par les 40 à 50 degrés de latitude, à la hauteur de Californie.

§. 668. Le grand vent alizé d'est éprouve d'autres changemens sur la mer des Indes. On les appelle *moussons;* depuis septembre jusqu'en mai, il suit son cours ordinaire, et souffle au nord-est; c'est la mousson d'hiver.

Mais de mai en septembre il souffle dans un sens opposé, c'est-à-dire au nord-ouest. Voici l'explication qui paroît la plus vraisemblable : Le soleil est dans ce moment dans notre hémisphère, où il échauffe notre continent. L'air qui se trouve sur l'Afrique est donc prodigieusement dilaté; une partie s'échappe sur l'océan Atlantique, et se confond avec le vent alizé : l'autre partie s'échappe sur l'océan Indien; elle y commence par s'opposer au cours du vent alizé; ce qui y forme des courans opposés, des tempêtes..... Enfin ce nouveau courant devient plus fort, et prend la qualité de vent d'ouest, ou mousson d'ouest.

Les vents de nord qu'on appelle étésiens, qui, au printemps viennent se briser sur les montagnes de l'Abissinie, se réfléchissent du côté de l'est sur le sein Persique, et y augmentent le vent d'ouest.

Les continens modifient encore d'une autre manière les vents généraux ; l'air y est plus dilaté en été par l'action du soleil que sur les mers, et plus condensé en hiver : la même chose a lieu le jour et la nuit. On observe encore les mêmes phénomènes sur les montagnes et dans les plaines; c'est ce qui établit des courans continuels ou vents de terre et de mer, vents de montagnes et de plaines.... On donne le nom de *brises* à ces vents.

En Europe, pendant l'été, l'air qui est très-dilaté sur les continens d'Asie et d'Europe, s'échappe sur la mer Atlantique, et produit un vent d'est modifié par celui de nord, et on a presque toujours un vent de nord-est, tandis que sur les côtes de la Chine et du Japon on aura un vent de nord-ouest : la même chose aura lieu en Amérique.

Pendant l'hiver, au contraire, nous avons des vents continuels de nord-ouest, parce que dans cette saison, l'air est beaucoup plus condensé sur notre continent que sur la mer; ce qui établit un courant de la mer sur les terres.

La même cause nous amène un vent d'ouest en été, dès qu'une cause quelconque, comme des pluies.... rafraîchit l'air de nos continens.

Ces phénomènes s'observent journellement dans les îles....

Nos provinces méridionales ont souvent des vents de sud en hiver, savoir lorsqu'il tombe beaucoup de neige sur les Cévennes, dans les Alpes..... L'air y est condensé; celui de la Méditerranée s'y porte avec force.... Ces vents qui s'étendent quelquefois sur toute l'Europe, sont chauds, parce qu'ils viennent d'Afrique, et qu'ils n'ont pas eu le temps de se rafraîchir sur la Méditerranée: ils font fondre la neige, changent la température extérieure, sont pluvieux....

Pendant l'été, au contraire, l'air est plus dilaté sur les côtes que sur la Méditerranée; il s'y établira donc des vents de nord....

Toutes les méditerranées, tous les bras de mers, les lacs, les grandes pièces d'eau, les hautes montagnes, sur-tout celles couvertes de neige, ne reçoivent pas les mêmes impressions du soleil que les plaines; il y aura donc des vents continuels : ce seront les brises de mer et de terre, brises de montagnes et de plaines...

Les nuages, les brouillards, les pluies, en interceptant les rayons du soleil et rafraîchissant l'air, le condensent et produisent par conséquent des vents qui viennent d'endroits plus échauffés.

§. 669. Tous ces vents seront chauds ou froids, secs ou pluvieux, suivant les lieux d'où ils viennent, et ceux sur lesquels ils ont passé. Un vent

vient-il d'un endroit froid ? il sera froid lui-même. Ainsi tous les vents qui viennent de hautes régions de l'atmosphère, ceux qui viennent des zones polaires, des hautes montagnes couvertes de neige, sont plus ou moins froids; ceux au contraire qui viennent du côté de la ligne, sur-tout s'ils ont traversé des continens exposés aux rayons du soleil, ceux qui viennent des plaines.... sont plus ou moins chauds : le vent d'est est brûlant sur toute la côte occidentale d'Afrique, tandis qu'il est frais sur la côte orientale d'Amérique. Les vents d'ouest sont froids en Europe; celui d'est l'est aussi beaucoup en hiver, tandis qu'il est chaud en été : celui de sud l'est encore bien davantage, quoiqu'il perde sur la Méditerranée une partie de la chaleur qu'il avoit en partant d'Afrique; il peut néanmoins être froid pour des pays situés au sud des grandes montagnes. Lorsque les Alpes sont couvertes de neige, ce vent sera froid pour les contrées qui sont à leur sud.

Les vents seront également secs ou pluvieux, suivant les lieux qu'ils auront traversés. En général ceux qui passent sur les grands continens sont secs, tandis que ceux qui viennent de dessus les mers sont pluvieux. Pour la France, les vents de sud qui traversent la Méditerranée, ceux d'ouest qui ont passé sur l'océan Atlantique, sont humides, tandis que les vents d'est et de nord-est,

qui ont traversé de grands continens, sont fort secs.

DE L'ATMOSPHÈRE SOLAIRE.

§. 670. Quoique l'analogie ne permît guère de douter que notre soleil ne dût avoir une atmosphère, ce n'est que depuis peu de temps que les physiciens se sont assurés de son existence par les phénomènes de la lumière zodiacale.

Cette atmosphère a la même origine que celle des autres corps célestes; lors de la formation du soleil, les parties de l'air qui ne sont pas entrées dans la composition de sa masse, ont été repoussées à sa surface, et se sont réunies sous forme d'atmosphère.

Cette atmosphère doit avoir la figure d'un sphéroïde très-applati aux poles, et relevé vers l'équateur; c'est une suite de son mouvement de rotation. (*Euler, Mém. de l'Acad. de Berlin 1741.*)

On ignore l'étendue de l'atmosphère solaire; elle doit être très-considérable, si elle est proportionnée à la grosseur de cet astre et à son état d'incandescence. Le soleil est quatorze cent cinquante mille fois plus gros que la terre. L'atmosphère terrestre peut bien être supposée avoir au moins mille lieues de hauteur; celle du soleil, en la supposant proportionnée à celle de la terre, auroit

donc une hauteur de 1400 millions de lieues; mais elle doit éprouver une grande dilatation par la chaleur du soleil; ce qui, suivant les analogies, doit lui donner encore une plus grande étendue.

Les phénomènes de la lumière zodiacale qui s'apperçoit au-delà de l'orbite de la terre, et jusqu'à celle de Mars, ont servi à fixer l'étendue de l'atmosphère solaire.

« Il est de la dernière certitude, dit *Mairan*, » d'après les phénomènes de la lumière zodiacale » qui, en 1687 et 1688 fut apperçue par *Cas-* » *sini* jusqu'à 103°, que l'atmosphère du soleil » peut atteindre jusqu'à Mars; que la terre peut » en être inondée, et que cela doit être arrivé » plusieurs fois; cela, dis-je, est certain, et indé- » pendant de toute hypothèse physique ». (*Dissertation sur l'Aurore boréale, pag. 29.*)

Mais la lumière zodiacale ne peut être visible que dans une atmosphère d'une certaine densité; et elle cessera de l'être dans une atmosphère trop rare. Car on observe qu'elle est plus vive en approchant le soleil, et qu'elle diminue à mesure qu'elle s'en éloigne. Par conséquent l'atmosphère solaire doit s'étendre bien au-delà du lieu où cesse de se voir la lumière zodiacale, c'est-à-dire à de grandes distances au-delà de Mars; il seroit sans doute difficile de fixer cette étendue. Je suppose qu'elle va jusqu'aux extré-

mités du système solaire, et que par conséquent elle enveloppe toutes les planètes et la plupart des comètes.

Mais cette étendue n'est peut-être pas toujours la même; au moins la lumière zodiacale ne s'apperçoit qu'assez rarement, et à des distances fort éloignées : ceci vient-il de ce que dans ces périodes, l'atmosphère solaire n'est pas visible auprès de notre globe, ou de ce qu'elle n'y a pas assez de densité ?

Il paroîtroit que c'est parce qu'elle n'a pas assez de densité. On en trouvera la cause dans les différens états où peut être le soleil, suivant qu'il a plus ou moins de taches: car sa chaleur doit varier, et produira différens dégrés de dilatation dans son atmosphère.

La densité de l'atmosphère solaire diminuera à raison de sa distance au soleil; elle décroîtroit suivant une progression géométrique, si cette atmosphère étoit homogène, et avoit toujours le même degré de chaleur; mais il est vraisemblable que, comme l'atmosphère terrestre, elle n'est pas homogène, et qu'elle n'a pas constamment le même dégré de chaleur.

DES ATMOSPHÈRES DES CORPS CÉLESTES.

§. 671. Tous les grands globes doivent avoir des atmosphères comme le globe terrestre. Lors de leur formation, les parties les plus pesantes se sont également précipitées aux centres, et les plus légères ont été repoussées à la surface.

Ceci suppose que tous ces globes sont composés à-peu-près de parties analogues à celles dont est formé le globe terrestre : cette analogie est confirmée par tous les faits.

La lune paroît composée comme la terre. On y a reconnu des mers, des vallées, et jusqu'à des volcans; ceci suppose donc une organisation semblable à celle de notre globe, des montagnes, des fleuves, des mers, des matières enflammées..... Aussi tous les physiciens admettent-ils une atmosphère autour de la lune.

On croit appercevoir des choses analogues dans Vénus.

On voit dans Jupiter, des taches, des bandes, lesquelles ne peuvent être que des choses analogues à nos vallées, à nos montagnes, à nos mers, à nos nuages....

Enfin on s'assure de l'existence de ces atmosphères des planètes, par les nuages qu'on croit voir à leurs surfaces.

Cassini ayant observé des irrégularités dans les mouvemens de Mars, les attribua à des réfractions extraordinaires, causées par son atmosphère....

Plusieurs astronomes ont vu des anneaux autour de Mercure, de Vénus... ce qu'ils attribuent à leurs atmosphères.

Ces faits, et un grand nombre d'autres, ne laissent aucun doute aux astronomes sur l'existence d'atmosphères autour de tous les grands globes.

L'atmosphère des comètes est démontrée par leurs queues immenses; ces atmosphères sont eucore plus considérables, lorsque les comètes reviennent de leur périhélie, par la grande dilatation qu'elles ont éprouvée, et l'immense quantité de vapeurs qui doivent s'y être élevées.

Nous avons vu que le soleil a une atmosphère. L'analogie nous autorise donc à conclure que les étoiles qui sont des soleils ont de pareilles atmosphères, ainsi que les planètes et les comètes qui accompagnent ces soleils.

La densité et la rareté de ces atmosphères doivent beaucoup varier. On suppose que l'atmosphère de la lune, à la surface de cet astre, est mille fois plus rare que ne l'est celle de la terre au niveau de nos mers. On a tiré cette conséquence de ce que la lumière n'est point réfrac-

tée en passant auprès de la lune. On peut assigner la cause de cette grande rareté à la petite quantité d'eau qui paroît exister sur le globe de la lune.

Nous n'avons point de données sur la densité des atmosphères des autres planètes; mais en général on peut dire qu'elle doit être en raison de leur attraction et de leur degré de chaleur. Plus grande sera la chaleur de la planète, plus l'air sera dilaté à sa surface : et plus l'attraction de la planète aura de force, plus l'air sera condensé.

L'atmosphère de Mercure doit donc être très-rare, puisque sa chaleur doit être considérable, et que son attraction est foible à cause de son peu de masse.

Les atmosphères de Herschel, de Saturne, de Jupiter doivent avoir beaucoup de densité à la surface de ces grands corps, qui, toutes choses égales d'ailleurs, paroissent avoir moins de chaleur que les planètes plus rapprochées du soleil.

La densité des atmosphères des comètes doivent beaucoup varier dans leur aphélie et dans leur périhélie; c'est ce qui est confirmé d'ailleurs par l'observation de leurs queues.

Enfin les atmosphères des soleils doivent être dilatées par la chaleur; mais l'attraction de ces

corps est si grande, que ces atmosphères auront toujours une certaine densité.

§. 672. Il doit y avoir dans les atmosphères de tous ces grands globes, des courans qui y seront produits par les mêmes causes que le sont nos vents.

DU FLUIDE ÉLECTRIQUE.

§. 673. Malgré les recherches savantes des plus grands physiciens, nous sommes peu instruits sur la nature du fluide électrique; mais nous en connoissons assez bien plusieurs effets.

Thalès avoit vu que le succin (1) acquéroit par le frottement la qualité d'attirer et de repousser les corps; mais il ne paroît pas qu'il ait suivi ces expériences. Et en général les philosophes de la Grèce en firent peu; c'est ce qui les a empêchés de faire certains progrès dans les sciences naturelles; la plupart de leurs connoissances sur ces objets, ils les tirèrent des Egyptiens et des autres peuples anciens. Leur étude principale fut la philosophie morale, l'art oratoire et l'économie politique.

(1) Le succin s'appelle ἤλεκτρον, *électron* en grec, d'où est venu le nom d'électricité.

Cependant *Théophraste*, *Pline*, *Strabon*, *Plutarque*..... parlent de plusieurs corps, tels que le jayet, qui acquéroient par le frottement la propriété d'attirer les corps; mais ce n'est que dans ces derniers temps que l'électricité est devenue une des plus belles branches de la physique.

On attribue à *Gilbert*, médecin anglais, les premiers travaux en ce genre dans un ouvrage sur l'aimant, qu'il publia au commencement du dernier siècle; mais depuis ce temps on a fait les plus belles découvertes dans cette partie. Une des plus brillantes est celle de *Francklin*, qui a prouvé ce qu'on entrevoyoit depuis long-temps, savoir que le tonnerre et tous les phénomènes qui l'accompagnent sont dus à l'électricité.

Les faits ont démontré,

1°. Que tous les corps terrestres ont une quantité quelconque d'électricité;

2°. Que cette quantité peut être augmentée ou diminuée.

On dit qu'un corps est électrisé *positivement* lorsque sa quantité naturelle d'électricité est augmentée.

Il est au contraire électrisé *négativement* si sa quantité naturelle d'électricité est diminuée.

Le fluide électrique cherchant sans cesse à se mettre en équilibre, comme tous les autres fluides,

fait un effort continuel dans les corps électrisés positivement pour s'en échapper, et se répandre dans ceux où il est moins abondant : et, réciproquement, ce même fluide tend de tous les corps qui ont leur quantité naturelle d'électricité, ou qui en ont davantage, c'est-à-dire qui sont électrisés positivement, vers ceux qui sont électrisés négativement, c'est-à-dire qui n'ont pas leur quantité naturelle d'électricité.

Il y a donc une émission continuelle, une effluence du fluide électrique, chez les corps électrisés positivement.

Et il y a une affluence de ce même fluide vers les corps éleotrisés négativement.

Mais tous les corps terrestres n'ont pas la même affinité avec le fluide électrique, c'est-à-dire qu'ils n'ont pas la même *capacité* pour le contenir.

Ils n'ont également pas la même *capacité* pour le conduire. Les substances métalliques, les êtres organisés, l'eau.... en sont de bons conducteurs : l'air est un des plus mauvais.

Il y a trois manières d'électriser un corps, comme nous l'avons déjà dit (§. 7); 1°. le frottement; 2°. la communication; 3°. la chaleur. Nous ne connoissons que cinq corps qui soient pyro-électriques; la tourmaline, la topaze, le boracite, quelques zéolites, et les calamines cristallisées.

Il paroît que tous les corps ne deviennent électriques que par des oscillations excitées entre leurs parties par le frottement ou la chaleur. Les corps sonores ne produisent des sons que par le moyen de pareilles oscillations; ce sont encore ces oscillations qui rendent ces corps lumineux. Il est donc probable que la même chose a lieu relativement à l'électricité.

§. 674. Le fluide électrique ne s'accumule point sur les corps en raison de leurs masses, mais en raison de leurs surfaces. Un corps électrisé qui a une grande surface et peu de masse, parce qu'il est creux dans l'intérieur, contient une plus grande quantité de fluide électrique qu'un autre corps qui a beaucoup de masse et peu de surface.

L'action du fluide électrique sera également en raison des surfaces du corps électrisé; c'est l'opinion de *Daniel Bernoulli*, qui a dit: « Les » forces électriques absolues m'ont paru admettre » la même loi que le fluide magnétique, c'est-à- » dire que la force absolue est en raison des sur- » faces ». (*Saussure*, *Voyage dans les Alpes*, *note du* §. *83.*)

Cette force du fluide électrique paroît diminuer en raison inverse du quarré des distances, suivant *Lambert* et plusieurs autres physiciens;

mais *Coulomb* a fait des expériences (1) qui ne permettent plus d'en douter.

Tous ces phénomènes sont dus à un fluide particulier; son existence se manifeste par des effets extérieurs non équivoques : il est sensible au tact. Lorsqu'on approche d'un corps électrisé, on sent quelque chose qui fait résistance comme quelque chose de lanugineux; il a une odeur particulière qui approche de celle du phosphore, une espèce d'odeur d'ail; enfin l'étincelle, la flamme et la détonation, sont certainement les effets d'un fluide quelconque.

La nature de ce fluide n'est point connue; i brûle comme le feu : il est lumineux comme la lumière; il détonne comme l'air inflammable; il est sensible au tact, à l'odorat.... Il est par conséquent plus grossier que le feu, le fluide lumineux, la matière de la chaleur...

J'ai supposé qu'il a beaucoup d'analogie avec l'air inflammable (2), comme le prouvent son inflammation, sa détonation... Mais il est plus subtil; car il traverse les corps que ne traverse pas l'air inflammable. On doit donc dire que c'est un fluide particulier.

Des physiciens, comme *Prévost*, *Coulomb*, ont

(1) Mém. de l'Acad. des sciences de Paris, an 1785.

(2) Essai sur l'air pur.

supposé qu'il y avoit deux espèces de fluide électrique; mais le plus grand nombre des physiciens n'en reconnoît qu'une espèce. Ce sentiment paroît beaucoup plus probable que l'autre : *Franklin*, *Œpinus*..... ont adopté cette opinion, et ils expliquent assez bien tous les phénomènes électriques; ils supposent que les molécules du fluide électrique se repoussent mutuellement, tandis qu'elles attirent les molécules des autres corps.

Œpinus distingue dans les corps électriques plusieurs forces. Soient deux de ces corps A, B; le fluide électrique de A attire B; le fluide électrique de B attire A; les deux fluides électriques de A et de B se repoussent, d'où il s'ensuit que pour que l'équilibre subsiste, il faut que les deux corps A et B se repoussent également : c'est la cause de la répulsion de deux corps électrisés positivement.

Lorsqu'un des deux corps est électrisé négativement, il est attiré par celui qui est électrisé positivement, parce que le fluide de celui-ci étant plus abondant, a plus de force.

Cette hypothèse ne paroît pas assez bien établie; car nous avons vu que la répulsion entre des corps homogènes n'est pas prouvée.

Coulomb, qui admet deux espèces de fluide électrique, suppose que chacun de ces fluides

attire l'autre; mais que les molécules de chacun d'eux se repoussent. Ainsi le fluide A attire le fluide B; mais les molécules de A se repoussent entre elles : de même que les molécules de B se repoussent également.

Sans entrer dans la discussion de ces sentimens opposés, nous nous en tenons aux faits : Que deux corps électrisés positivement se repoussent, deux corps électrisés négativement se repoussent; mais un corps électrisé positivement en attire un électrisé négativement.

Le fluide électrique est-il toujours en même quantité dans la masse du globe terrestre et de son atmosphère ? Peut-il s'en détruire des quantités quelconques, et s'en reproduire ?

Je penserai avec plusieurs physiciens qu'il peut s'en détruire et s'en reproduire. Dans la détonation de ce fluide, comme dans les violentes explosions de la foudre, il est très-vraisemblable que le fluide électrique ne passe pas seulement d'un corps dans un autre, mais qu'il y en a une portion qui est réellement détruite.

Et, par la même raison, ce fluide doit se recomposer, pour qu'il y en ait toujours à-peu-près la même quantité dans la nature.

Ces apperçus ont besoin de nouveaux faits pour être confirmés.

Mais il est une autre cause qui doit faire varier

la quantité du fluide électrique sur le globe. Il est très-vraisemblable que ce fluide se combine comme tous les autres fluides, et devient un des principes constituans des corps; il se dégagera lors de la décomposition de ces corps. Par conséquent la quantité de ce fluide qui se combinera et qui se dégagera, variera sans cesse.

§. 675. Le fluide électrique doit avoir une grande élasticité et une grande rareté. Nous avons vu que la vitesse des mouvemens oscillatoires des fluides est en raison composée de la soudoublée de la directe de leur élasticité, et de l'inverse de leur rareté : ou comme la racine quarrée de l'élasticité divisée par la densité, ou multipliée par la rareté. (§. 641.)

Or les commotions du fluide électrique paroissent avoir une vîtesse presque aussi prompte que celle de la lumière; car au bout d'une chaîne de plus de deux mille pieds, la commotion est presque instantanée.

Ces distances sont trop petites pour apprécier une pareille vîtesse. On n'a pu calculer celle de la lumière que par le moyen des corps célestes; et nous n'avons pas cette ressource pour l'électricité. Néanmoins on ne peut douter que le mouvement du fluide électrique ne soit très-prompt.

Si on supposoit la vîtesse des ébranlemens du

fluide électrique égaux à ceux du fluide lumineux, il s'ensuivroit que le produit de son élasticité par sa rareté seroit égal à celui de l'élasticité et de la rareté du fluide lumineux.

Mais le fluide électrique paroît réellement plus grossier que le fluide lumineux, et moins élastique; d'où nous pouvons conclure que la vîtesse de ses ébranlemens n'est pas aussi rapide.

Du mouvement de fluidité du fluide électrique.

§. 676. Tous les fluides ont un mouvement de fluidité, qui doit par conséquent être commun au fluide électrique. Ses parties sont agitées intérieurement : cette agitation est très-sensible dans les corps électrisés positivement ou négativement, comme on le voit par les aigrettes, les étincelles, les corps qu'ils attirent et repoussent...

Du mouvement de dissolution du fluide électrique.

§. 677. Nous avons vu que le fluide électrique a une grande part dans la formation des vapeurs, dont il peut être regardé comme un des dissolvans (§. 623).

Il se trouve également dans tous les liquides dont il fait une portion de leurs atmosphères; il

doit donc contribuer à leur qualité dissolvante ; et il y a quelques faits qui prouvent son influence dans ces opérations.

Dans les marais salans, on observe que lorsque l'eau est parvenue au point de laisser cristalliser le sel, cette cristallisation est troublée par des temps d'orage. Lorsque les ouvriers apperçoivent des nuages orageux, c'est-à-dire surchargés d'électricité, ils disent que le sel va mal cristalliser. Effectivement, il tombe aussi-tôt en petits grains, au lieu de former des cristaux réguliers, à la manière ordinaire.

Cet effet ne peut venir que de ce que l'électricité atmosphérique influe sur celle du dissolvant du sel, l'eau de cristallisation.

Des courans dans le fluide électrique.

§. 678. Il s'excite des courans très-vifs dans le fluide électrique. Lorsque des nuages, par exemple, sont électrisés différemment, les uns positivement, les autres négativement, et qu'ils s'approchent, il y a détonations violentes, c'est-à-dire que le fluide électrique se porte avec vivacité des uns aux autres.

Ce fluide est dilaté par la chaleur. Par conséquent celui qui enveloppe la terre doit avoir un mouvement d'orient en occident, semblable à

celui de l'air atmosphérique qui produit le vent alizé d'est.

Du mouvement d'oscillation du fluide électrique.

§. 679. On ne produit de l'électricité qu'en excitant dans les corps électrisés un mouvement oscillatoire. Il paroît que c'est ce mouvement qui rend lumineux ce fluide électrique, comme les autres corps lumineux ne le deviennent que par un semblable mouvement d'oscillation.

La commotion électrique paroît se communiquer avec rapidité, car on a fait des chaînes de plus de deux mille pieds, et la commotion a été instantanée au bout de cette chaîne.

De l'expansibilité du fluide électrique, et de sa compressibilité.

§. 680. Ce fluide, lorsqu'on électrise des corps sous le récipient de la machine pneumatique, se répand d'une manière diffuse, et remplit d'une lumière vive tout l'intérieur du récipient. Cette lumière diffuse provient de l'expansibilité du fluide électrique, qui, dans cette expérience, ne se trouve plus comprimé par l'air atmosphérique, et cède à toute sa force expansive.

Il s'ensuit que dans les régions supérieures de

l'atmosphère, où l'air est très-rare, le fluide électrique y jouit de toute son expansibilité, et qu'il y a peu de densité.

Et par une conséquence nécessaire, ce même fluide proche la surface de la terre, a une densité plus ou moins considérable, laquelle diminue à mesure qu'on s'élève.

Il seroit difficile de calculer les différens degrés de cette densité. Pour y parvenir, il faudroit connoître quelle est la compressibilité de ce fluide; et c'est ce que nous ignorons.

On avoit cru d'abord que tous les fluides élastiques et expansifs étoient compressibles en raison des poids; mais nous avons vu que la compressibilité de l'air atmosphérique ne suit point ces loix exactement.

Il est donc possible que la même chose ait lieu pour le fluide électrique, et que sa compressibilité ne soit point en raison des poids dont il est comprimé.

D'ailleurs nous ignorons quels sont les poids qui peuvent comprimer ce fluide.

Il paroîtroit d'abord que ses couches supérieures pèsent sur les inférieures; mais ceci suppose que ce fluide gravite vers la terre : et c'est ce que nous ignorons encore. Il se peut qu'étant plus léger que l'air, il soit repoussé continuellement dans les régions supérieures, comme l'est

l'air inflammable. Néanmoins cela n'est pas vraisemblable, parce qu'il est beaucoup plus subtil que l'air inflammable, et qu'il traverse l'air atmosphérique.

Je supposerois donc que ce fluide gravite vers la terre, et que par conséquent ses couches inférieures y sont plus denses qu'à une certaine élévation; mais nous n'avons pas encore assez de données pour estimer les quantités de ces condensations et de ces expansions.

Il est prouvé que l'action d'un corps électrisé décroît en raison inverse des quarrés des distances. Or cette action est l'effet du fluide électrique. On pourroit donc regarder le globe terrestre comme un corps électrisé, dont le fluide électrique diminue de densité à mesure qu'il s'éloigne de sa surface.

Il s'ensuit que le fluide électrique doit être plus dense dans l'intérieur de la terre qu'à sa surface.

Le fluide électrique sera dilaté par la chaleur et condensé par le froid, ainsi que tous les autres fluides; et comme la température varie sans cesse à la surface de la terre et dans son atmosphère, cette cause produira des mouvemens continuels dans le fluide électrique qui s'y trouve.

DE L'ÉLECTRICITÉ DU GLOBE TERRESTRE.

§. 681. On considère ordinairement le globe terrestre comme un vaste magasin du fluide électrique ; c'est ce que les physiciens appellent le *réservoir commun*. Ceci suppose que tous les corps qui composent le globe sont dans un état habituel d'électricité ; et c'est un principe reconnu de tous les physiciens.

Mais cette électricité n'est pas toujours la même, soit par rapport à la masse entière du globe, soit par rapport à ses différentes parties.

Il est bien démontré aujourd'hui que l'électricité du globe se communique à l'atmosphère, et que, réciproquement, celle de l'atmosphère se communique au globe.

Il faut donc considérer la masse du globe et son atmosphère, comme deux corps électriques, chargés chacun de leur électricité naturelle ; et ces deux corps se communiquant, leur électricité doit se mettre en équilibre en raison de leur capacité mutuelle; en sorte que l'un n'ait pas plus d'électricité que l'autre. Tel doit être l'état ordinaire du globe et de son atmosphère relativement à l'électricité.

Mais par des circonstances locales, l'électri-

cité de l'un de ces corps peut augmenter en certains endroits, et diminuer en d'autres. Dès-lors l'équilibre est rompu, et le fluide électrique se portera du corps positif dans le corps négatif; c'est ce qui arrive dans le cas de la foudre ascendante ou descendante.

Lorsqu'une portion de l'atmosphère se trouve électrisée positivement relativement aux corps terrestres qui lui correspondent, le fluide électrique du nuage s'élance dans ces corps aussitôt que la distance le permet; cette communication se fera rapidement et avec explosion, dans certaines circonstances : ce sera la foudre descendante : elle se fera au contraire lentement et insensiblement, s'il se trouve des pointes qui soutirent successivement le fluide électrique, ou qu'elle y soit portée par des pluies, des rosées...

L'atmosphère est-elle électrisée négativement par rapport aux corps terrestres correspondans? elle soutirera leur fluide électrique : ce sera la foudre ascendante, lorsqu'il y aura explosion. Ou cette communication peut se faire lentement et successivement.

Nous verrons que l'électricité de l'atmosphère éprouve des variations continuelles; ce qui doit établir des courans non interrompus du fluide électrique de l'atmosphère au globe, et du globe à l'atmosphère.

Il s'ensuit que l'électricité des différens corps terrestres doit varier également, suivant qu'ils communiquent avec des portions de l'atmosphère, électrisées positivement ou négativement.

Supposons que la portion de l'atmosphère qui est au-dessus d'un pic élevé, tel que le Mont-Blanc, soit électrisée positivement relativement à lui, c'est-à-dire ait plus d'électricité que lui : elle lui communiquera de son électricité, ou par des coups de tonnerre, ou lentement ou successivement; et cette électricité passera de ce pic élevé aux parties qui l'avoisinent : ce pic lui-même se trouvera donc électrisé positivement, relativement aux parties qui le touchent.

Supposons au contraire une montagne telle que l'Etna, dont les vapeurs qui s'élèvent continuellement de ses entrailles enflammées, sont surchargées d'électricité positive qu'elles enlèvent du sein de cette montagne. La masse de ce pic doit donc être dans un état habituel d'électricité négative, relativement aux autres portions de terrein qui lui sont contiguës.

L'Etna et tous les pics volcaniques seront donc en général dans un état habituel d'électricité négative, relativement aux parties de terreins qui les touchent : tandis que le Mont-Blanc et les autres pics de cette espèce seront dans un état

habituel d'électricité positive, relativement aux terreins qui leur sont contigus.

Dès-lors le fluide électrique, qui cherche à se mettre en équilibre, fera des efforts continuels pour passer du Mont-Blanc et des autres terreins électrisés positivement dans ceux qui sont électrisés négativement; et comme tous ces points sont très-multipliés sur la surface du globe, il y aura une circulation perpétuelle du fluide électrique dans toute cette surface.

Mais les différens corps terrestres ne sont pas également bons conducteurs du fluide électrique. Les eaux, les filons métalliques, les charbons, le conduisent beaucoup mieux que les pierres et les terres; et parmi ces pierres, les magnésiennes le conduisent mieux que les autres : ce sera donc par les eaux souterraines, par les filons, et ensuite par les pierres magnésiennes, que s'établira plus particulièrement la circulation du fluide électrique dans les couches extérieures du globe.

Ce mouvement continuel du fluide s'étendra même à une certaine profondeur; car nous verrons que les foyers dès feux souterrains sont assez profonds. Or il s'échappe par cette voie une très-grande quantité de fluide électrique qui de la terre se verse dans l'atmosphère.

Les eaux souterraines qui se précipitent dans ces cavités et se perdent dans le sein du globe

y porteront du fluide électrique : les filons métalliques en conduiront également.

DE L'ÉLECTRICITÉ DE L'ATMOSPHÈRE TERRESTRE.

§. 682. Cette électricité est en général plus forte dans les lieux les plus élevés et les plus isolés, parce qu'elle peut moins se communiquer aux corps terrestres environnans.

Par la même raison, elle n'est presque pas sensible dans des lieux resserrés, environnés de bâtimens, ou autres objets qui puissent l'absorber. Ainsi on la trouve plus forte dans tous les endroits un peu isolés, tels que le sommet d'une colline, d'une butte... Comme la plupart des terres et des pierres ne sont pas de bons conducteurs, l'atmosphère ne se décharge que lentement sur ces objets.

Mais si au sommet de ces collines il y avoit des eaux d'où partissent des ruisseaux; s'il s'y trouvoit des affleuremens métalliques; si la montagne contenoit beaucoup de pierres magnésiennes.... l'atmosphère s'y déchargeroit plus promptement de son électricité.

L'état de l'atmosphère influe aussi beaucoup sur son électricité. On sent que l'eau étant un excellent conducteur du fluide électrique, les

pluies doivent emporter la plus grande partie de l'électricité aërienne : les brouillards humides, la rosée l'emporteront également. L'électricité atmosphérique ne sera donc bien forte que les jours sereins. On observe même des différences sensibles dans les différentes heures de la journée.

En été, lorsque la terre est sèche, que le jour est chaud, sec et serein, l'électricité atmosphérique va en croissant depuis le lever du soleil, où elle est presque insensible, jusques vers le milieu du jour qu'elle acquiert sa plus grande force : elle diminue ensuite peu à peu jusqu'au moment de la chûte de la rosée, où elle se ranime pour diminuer de nouveau, et s'éteindra presqu'entièrement dans la nuit.

En hiver, le maximum de l'électricité atmosphérique est à huit heures du matin et à huit heures du soir : elle est plus foible dans le jour.

Tous ces faits sont certains, et ne peuvent être révoqués en doute.

« L'électricité atmosphérique est donc sujette, » comme la mer, à un flux et reflux qui la fait » croître et décroître deux fois dans l'espace de » vingt-quatre heures. Les momens de sa plus » grande force suivent de quelques heures le lever » et le coucher du soleil, et ceux de sa plus grande » foiblesse sont ceux qui précèdent le lever et le » coucher de cet astre ». (*Saussure*, §. 802.)

L'électricité atmosphérique est constamment positive : c'est un fait vérifié par tous les physiciens.

On rencontre cependant quelquefois des nuages chargés d'électricité négative, sur-tout dans les temps d'orage ; mais ces espèces d'électricité sont accidentelles : ces nuages auront communiqué une partie de leur fluide électrique à des corps terrestres ou à d'autres nuages, *par un mouvement de pression.*

« L'électricité de l'atmosphère sera toujours » positive, dit *Volta;* mais dès qu'une fois une » nuée sera devenue électrique *en plus*, elle aura » une sphère d'activité tout à l'entour d'elle, où » une autre nuée ne pourra entrer que (selon les » loix connues des atmosphères) une grande partie » du fluide électrique de cette seconde nuée ne se » retire (par le mouvement de pression) vers » sa partie la plus éloignée de la première, et » peut-être même en sortira-t-il, s'il rencontre » d'autres nuées, des vapeurs, des éminences à » la surface de la terre; et voilà une nuée élec- » trisée *négativement*, qui pourra à son tour, par » l'influence de son atmosphère propre, occasion- » ner une électricité positive dans une troisième » nuée..... ». (*Jour. de Physiq. 1783, août, pag. 99.*)

On peut assigner deux causes qui accumulent le fluide électrique dans l'atmosphère.

1°. Il paroît que les vapeurs élevées de la terre portent une abondance de fluide électrique dans le vague de l'atmosphère : ce fluide gagne les régions supérieures où il s'accumule ; c'est ce qu'a démontré *Volta* par différentes expériences qu'il a faites sur les vapeurs, et il conclut : « Ces »expériences concourent unanimement à nous »montrer que les vapeurs de l'eau, et générale- »ment toutes les parties d'un corps quelconque »qui se détachent en se volatilisant, emportent »avec elles une certaine quantité de fluide élec- »trique, aux dépens des corps fixes qui restent, »qu'elles électrisent par-là *négativement*, de »même qu'elles les dépouillent d'une certaine »quantité de feu élémentaire, et que par-là elles »les refroidissent. On doit conclure que les corps »en se résolvant en vapeurs, ou prenant la na- »ture aërienne, acquièrent une plus grande ca- »pacité par rapport au fluide électrique, et par »rapport au fluide qui est la cause de la cha- »leur.... ». (*Journ. de Phys. août 1783, p. 98.*)

Ces faits expliqueront facilement les variations de l'électricité atmosphérique. 1°. Le matin après le lever du soleil jusqu'à midi, les vapeurs sont abondantes : l'électricité doit donc être forte. Dans le temps de la grande chaleur du jour, les vapeurs sont moins abondantes : le soir au coucher du soleil, les vapeurs se condensent, et la

rosée qui commence à tomber rapporte sur la terre du fluide électrique. Enfin la nuit l'électricité est presque nulle, parce que les vapeurs et la rosée sont presque nulles.

2°. La chaleur des rayons du soleil est une seconde cause de l'électricité de l'atmosphère. On électrise par la chaleur plusieurs corps, tels que la tourmaline, la topaze.....

L'air atmosphérique peut donc être électrisé de même : c'est l'opinion de *Toaldo.*

§. 683. Mais puisque ce sont principalement les vapeurs qui portent l'électricité du globe dans l'atmosphère, il s'ensuit que ce sera particulièrement dans les régions chaudes, par conséquent sous la zone torride, que se fera ce grand versement, puisque c'est-là qu'est la plus grande évaporation. Le fluide électrique du globe se dissipera donc en grande partie dans ces régions.

Mais parvenu à une certaine hauteur, il sera porté avec les courans de l'atmosphère vers chaque pole ; il s'y accumulera dans les nuages. Pour lors il s'y déchargera sur les corps terrestres, et produira les phénomènes de l'aurore boréale.

Il y aura donc une circulation perpétuelle du fluide électrique qui s'échappera du globe sous l'équateur, et y rentrera par les poles.

Mais le grand vent alizé d'est chassant perpétuellement les vapeurs de l'orient vers l'occident, il s'établira donc aussi un courant de fluide électrique de l'orient en occident.

Par conséquent le fluide électrique qui environne la terre aura les mêmes mouvemens que l'air atmosphérique.

1°. Un mouvement de l'orient en occident semblable au vent alizé d'est.

2°. Un mouvement dans les régions supérieures de l'atmosphère de l'équateur aux poles.

3°. Un mouvement dans la croûte extérieure du globe des poles vers l'équateur.

§. 684. Tous les faits que nous venons d'exposer ne permettent pas de douter que le fluide électrique ne doive avoir une grande influence dans les phénomènes naturels, et particulièrement dans les phénomènes géologiques.

Le globe terrestre en contient une très-grande quantité, que nous n'avons aucun moyen d'apprécier. Ce fluide doit se trouver principalement à la surface de la terre, comme il est à la surface de tous les corps électrisés. Néanmoins la masse du globe ne peut pas en être supposée dépouillée: il pénétrera dans l'intérieur par toutes les cavités, par les foyers volcaniques, par les eaux souterraines... Il y est comprimé par la pression des

couches supérieures; par conséquent il doit y être plus dense que dans l'atmosphère. Les substances qui composent le globe sont d'ailleurs meilleurs conducteurs et meilleurs condensateurs de ce fluide, que ne l'est l'air.

Tout concourt donc à accumuler plus de fluide électrique dans la masse du globe, qu'il n'y en a proportionnellement dans la masse de l'atmosphère. Il est vrai que les vapeurs emportent sans cesse de ce fluide du globe dans l'air; mais les pluies, les rosées, le tonnèrre... en rapportent au globe.

Et comme l'évaporation est plus considérable sous la zone torride qu'ailleurs, il doit s'en échapper une plus grande quantité de fluide électrique.

D'un autre côté les brouillards, les rosées, les frimas sont plus abondans au nord.

Il doit donc s'établir une espèce de circulation du fluide électrique du globe à l'atmosphère. Il s'élèvera principalement vers la zone torride, et rentrera dans le globe vers les zones polaires; c'est ce que prouvent encore les aurores polaires: enfin il aura un troisième mouvement d'orient en occident.

Il seroit néanmoins difficile d'assurer que ces causes sont également puissantes, et que la même masse d'électricité se trouve toujours relativement

dans le globe terrestre et dans son atmosphère.

Mais d'un autre côté le fluide électrique est répandu dans les espaces célestes, et est commun aux autres globes : le même équilibre de ce fluide ne peut-il pas être troublé de globe à globe ? La lune, par exemple, ne pourroit-elle pas donner de son électricité au globe terrestre, ou celui-ci en donner à la lune ?

Ces questions sont hors de nos connoissances ; nous n'avons aucun fait pour les résoudre. Cependant les phénomènes de la lumière zodiacale pourroient faire présumer que l'atmosphère solaire verse quelquefois de l'électricité dans l'atmosphère terrestre, ou en reçoit.

Chaque corps terrestre a son électricité particulière, qui est proportionnelle à la capacité qu'il a pour contenir ce fluide. Par conséquent ce fluide fait atmosphère particulière à chacun de ces corps.

Une autre conséquence de cette électricité habituelle est que chaque molécule des corps terrestres a également son atmosphère électrique. Nous avons vu l'influence de cette atmosphère dans la formation des vapeurs, et leur état habituel : cette influence doit être la même dans les corps fluides et dans lés corps solides ; ce sont des phénomènes qui n'ont pas encore été assez examinés.

DE L'ÉLECTRICITÉ DES PLANÈTES, DES COMÈTES ET DES SOLEILS.

§. 685. Ces grands corps ont-ils une électricité propre ? Nous n'avons aucuns faits positifs pour prononcer sur cette question.

Mais ces corps ayant des atmosphères semblables à l'atmosphère terrestre, étant sujets aux mouvemens d'oscillation produits par l'alternative du chaud et du froid..... enfin se trouvant dans les mêmes circonstances que le globe de la terre, doivent, comme celui-ci, avoir également une électricité particulière, suivant l'analogie.

On doit donc regarder le fluide électrique comme répandu autour de tous les grands globes, et ayant les mêmes mouvemens qu'autour de la terre : il sera par conséquent un des grands fluides de l'univers.

Mais occupera-t-il tout l'espace qui est entre tous ces globes, et s'étendra-t-il des uns aux autres, comme le fait le fluide lumineux ? ou ce fluide doit-il être regardé comme appartenant seulement aux corps célestes ?

DU FLUIDE ÉLECTRIQUE DANS LES ESPACES CÉLESTES.

§. 686. Aucun fait ne peut résoudre cette question, puisque nous ignorons absolument ce qui se passe dans ces espaces; mais en suivant les analogies, il est probable qu'ils sont remplis du fluide électrique; il y sera plus rare qu'auprès de ces globes, où il est comprimé par les différens fluides qui les environnent, principalement par leur air atmosphérique, qui est un mauvais conducteur pour lui.

DE L'AURORE POLAIRE.

§. 687. Elle appartient plutôt à la météorologie qu'à la théorie de la terre; mais ce qui se passe dans l'atmosphère devant affecter le globe lui-même, j'ai cru qu'il étoit nécessaire de faire mention de ce météore.

L'aurore polaire est une lumière vive, qui paroît dans l'atmosphère vers les poles de la terre. Son apparition se fait sans époque fixe. *Mairan* a recueilli les observations les plus exactes qu'on ait sur les aurores boréales; il en résulte qu'elles ont été beaucoup plus fréquentes dans certaines années, dans certains siècles, que dans d'autres;

mais on ne peut établir aucune règle certaine à cet égard, parce qu'il n'y a pas assez de temps qu'on fait des observations exactes sur ces sortes de phénomènes.

On a cru que l'aurore boréale paroissoit aujourd'hui plus fréquemment à l'ouest qu'au nord; mais cette observation n'est pas assez constatée.

Cette lumière est peu vive dans nos climats; sa couleur est ordinairement rouge, ou rouge orangé.

Mais vers les poles, sur-tout pendant les longues nuits de leur hiver, cette aurore est un phénomène météorologique de la peu grande beauté; elle se prolonge souvent comme un vaste nuage, jetant une masse considérable de lumière, sous forme de jets, de feux teints des plus vives couleurs : quelquefois elle a la forme d'un arc-en-ciel; d'autres fois c'est une grande masse lumineuse, d'où partent des jets enflammés.

Ces jets de lumière sont même quelquefois accompagnés de pétillemens, comme des étincelles électriques.

La même aurore boréale a été vue souvent à de grandes distances; ce qui prouve qu'elle étoit à une hauteur considérable.

Le 18 du mois d'octobre 1726, on vit une aurore boréale à Rome et à Paris, éloignées de près de 300 lieues : le calcul a fait voir qu'elle devoit

être à la hauteur de 266 lieues, pour être apperçue de ces deux endroits au même instant.

Le 15 février 1730, on apperçut une aurore boréale à Genève et à Montpellier : d'où on a conclu que sa hauteur devoit être à 160 lieues.

Le 8 octobre 1731, on en vit une autre à Copenhague et à Breuillepont, proche Evreux : sa hauteur devoit être à 250 lieues.

Les mêmes phénomènes ont été observés vers le pole austral par les voyageurs.

Tous ces faits prouvent que les aurores polaires se passent dans l'atmosphère terrestre, mais à des hauteurs plus ou moins considérables, et qui vont quelquefois jusqu'à près de 300 lieues.

§. 688. Il faut maintenant rechercher la cause de ces phénomènes singuliers; ils paroissent dus à l'électricité. Voici l'explication la plus vraisemblable qu'on en puisse donner, d'après nos connoissances actuelles.

L'évaporation produit de l'électricité, ou pour parler plus exactement, emporte du sein du globe une portion de son électricité dans son atmosphère ; c'est pourquoi les nuages sont tous électrisés, comme nous l'avons vu (§. 682).

Cette évaporation est beaucoup plus considérable dans les pays chauds; il doit donc s'élever entre les tropiques une grande quantité de nuages

chargés d'électricité : ces nuages gagnent le haut de l'atmosphère, et s'élèvent à des hauteurs très-considérables.

Nous avons vu que dans les régions élevées de l'atmosphère, il y a des courans qui portent de l'équateur aux poles; et que proche la surface de la terre, il y en a d'opposés qui portent des poles à l'équateur.

Les nuages électrisés qui s'élèvent des contrées chaudes, parvenus à une certaine hauteur seront donc portés en partie vers les poles.

Le froid de ces contrées les condensera, les fera rapprocher de la terre. Le courant inférieur de l'atmosphère, qui des poles porte à l'équateur, y contribuera également.

Ces nuages, chargés d'électricité, en s'approchant de la surface de la terre, y verseront de leur électricité; mais les glaces et les neiges sont de mauvais conducteurs du fluide électrique. Ainsi l'électricité de ces nuages se dissipera difficilement; elle se communiquera entre ces nuages des uns aux autres pendant des temps assez considérables, avant qu'elle puisse se perdre dans la masse du globe, comme elle fait dans les lieux qui ne sont pas congelés, parce qu'ici les eaux liquides sont de très-bons conducteurs de ce fluide, ainsi que la terre humide; il y aura donc des jets continuels du fluide électrique d'un nuage

à l'autre, suivant qu'ils seront plus ou moins électrisés.

Mais la plupart de ces nuages sont très-élevés, et se trouvent dans un air très-raréfié ; l'électricité s'y répandra donc avec diffusion, et donnera cette lumière vive et éparse, telle que nous l'obtenons avec nos appareils sous le récipient de la machine pneumatique dans un air raréfié.

Quant aux couleurs différentes qui se manifestent dans l'aurore polaire, elles sont dues aux réfractions qu'éprouve la lumière, ou l'étincelle électrique dans l'air nébuleux de ces régions froides.

Elle se montre dans nos climats ordinairement d'une couleur rouge ou rouge orangé ; cette couleur est également due à la réfraction de l'air : car on observe que la flamme des lampions, par exemple, qui paroît blanche à une petite élévation, est constamment rouge à une certaine élévation, comme sur des bâtimens très-élevés.

DE LA LUMIÈRE ZODIACALE.

§. 689. Par lumière zodiacale, les astronomes entendent une lumière assez vive qui paroît de temps à autre, mais toujours à-peu-près dans l'étendue du zodiaque ; cette lumière se présente comme une clarté blanche, assez semblable à

celle de la voie lactée, mais plus foible. On l'apperçoit en certains temps de l'année, après le coucher du soleil, ou avant son lever : elle a ordinairement la forme d'un cône ou d'un fuseau, dont la base est vers le soleil; son axe est tout entier dans le zodiaque, dont elle suit la direction : elle fut découverte par *Dominique Cassini*, en 1683; mais il est vraisemblable qu'elle avoit déjà été observée par d'autres physiciens.

« On ne doute point aujourd'hui, dit *La-»lande* (1), que la lumière zodiacale ne soit »l'atmosphère du soleil, car elle accompagne tou-»jours cet astre; elle est placée comme l'équateur »du soleil. En effet, il est incliné de 7° sur l'éclip-»tique, et la coupe au 18e degré des gémeaux. »Il est incliné sur l'équateur terrestre de 25° 56', »il le coupe à 16° 35' du point équinoxial. De-là »il suit, qu'au printemps la lumière zodiacale »doit être moins oblique sur l'horison qu'en au-»tomne. Aussi est-ce dans le printemps que *Cas-»sini* découvrit et annonça cette lumière ».

« La lumière zodiacale a une augmentation »de densité en approchant du soleil; et cela ré-»pond assez bien à l'état où doit être l'atmos-»phère du soleil. Quand cette lumière commence

(1) Astronomie, n°. 847.

»à paroître le matin, ce n'est d'abord qu'une »lueur blanchâtre, presque imperceptible, fort »semblable à la voie lactée, une clarté mal ter- »minée qui se confond avec celle du crépuscule »naissant, peu élevée sur l'horison, et dont l'ex- »trémité, affoiblie par gradation, forme une es- »pèce de pointe ou de sommet; elle monte en- »suite peu à peu : elle devient plus visible, plus »grande : elle arrive à un point de grandeur et »de clarté qu'on peut appeler son *maximum*, »après lequel elle diminue par l'éclat d'un plus »fort crépuscule. Cette augmentation de lumière, »à mesure qu'elle s'élève, prouve qu'elle est plus »dense dans sa partie proche le soleil; ce qui en »général est une des propriétés des atmosphères »pesantes».

Mais quelle est la nature de cette lumière zodiacale ? C'est ce qui n'est pas facile à déterminer; car pourquoi l'atmosphère solaire, dans telle ou telle circonstance, acquiert-elle une propriété qu'elle n'a pas dans d'autres? Pourquoi devient-elle lumineuse dans ces momens, et qu'elle ne l'est pas dans d'autres? La physique n'a encore rien de satisfaisant à offrir à cet égard.

Peut-être que ce que l'on peut dire de plus vraisemblable, est de regarder cette lumière comme un phénomène électrique, analogue à l'aurore boréale, laquelle se répandant dans un

air très-rare, donne cette lumière diffuse (1).

Mais on demandera pourquoi l'atmosphère solaire sera, à cette distance, électrisée en certaines circonstances seulement. On pourroit répondre qu'il en est de même pour l'atmosphère terrestre, dont les aurores polaires ne paroissent également qu'à certaines époques irrégulières, et sont tantôt proche de la terre, tantôt très-élevées.

La lumière zodiacale paroît ordinairement sous forme d'un sphéroïde très-applati, ou d'une lance; sa largeur ne passe pas 20 à 30 degrés; mais sa longueur va jusqu'à 60, 80, 90, 100 et même 103 degrés; ce qui prouve qu'elle s'étend au-delà de l'orbite terrestre.

Je supposerai donc que l'atmosphère solaire est, dans son état ordinaire, chargée d'électricité comme l'atmosphère terrestre; qu'il est des temps où elle en est plus surchargée; que ce fluide pour lors se répand dans les espaces célestes, comme le fait l'aurore boréale de l'atmosphère terrestre.

Peut-être dans ces momens, l'atmosphère solaire communique-t-elle de son électricité à l'atmosphère terrestre?

Ou l'atmosphère terrestre en communique-t-

(1) *Cassini* a cru observer que la lumière zodiacale influoit un peu sur les mouvemens de l'aiguille aimantée, comme l'aurore boréale.

elle à l'atmosphère solaire, comme le font des nuages chargés de différens degrés d'électricité.

Observations.

§. 690. Je viens d'exposer jusques ici les opinions reçues des physiciens sur les atmosphères de la terre, du soleil... sur la lumière zodiacale... Mais un profond géomètre vient de les combattre. (*La Place*, *Exposition du Systême du monde*, *tom. II*, *pag. 123.*)

« Toutes les couches atmosphériques, dit-il, » doivent prendre à la longue un même mouve- » ment de rotation, commun au corps qu'elles » environnent : car le frottement de ces couches » les unes contre les autres et contre la surface » du corps, doit accélérer les mouvemens les plus » lents, et retarder les plus rapides, jusqu'à ce » qu'il y ait entre eux une parfaite égalité. Dans » ces changemens, et généralement dans tous » ceux que l'atmosphère éprouve, la somme des » produits des molécules du corps et de son atmos- » phère, multipliées respectivement par les aires » que décrivent autour de leur centre commun de » gravité leurs rayons recteurs, projetés sur le » plan de l'équateur, reste toujours la même en » temps égal. En supposant donc que, par une » cause quelconque, l'atmosphère vienne à se res- » serrer, ou qu'une partie se condense à la sur-

» face du corps, le mouvement de rotation du » corps et de son atmosphère en sera accéléré ; » car les rayons recteurs des aires décrites par les » molécules de l'atmosphère primitive devenant » plus petits, la somme des produits de toutes les » molécules par les aires correspondantes ne peut » pas rester la même, à moins que la vîtesse de » rotation n'augmente.... ».

« L'atmosphère ne peut s'étendre à l'équateur » que jusqu'au point où la force centrifuge ba- » lance exactement la pesanteur; car il est clair » qu'au-delà de cette limite, ce fluide doit se dis- » siper : relativement au soleil, ce point est éloi- » gné de son centre du rayon de l'orbe d'une » planète qui feroit sa rotation dans un temps » égal à celui de la révolution du soleil. *L'atmos- » phère solaire ne s'étend donc pas jusqu'à » l'orbe de Mercure, et par conséquent elle ne » produit point la lumière zodiacale*, qui paroît » s'étendre au-delà même de l'orbe terrestre ; » d'ailleurs cette atmosphère, dont l'axe des poles » doit être au moins les deux tiers de celui de son » équateur, est fort éloigné d'avoir la forme len- » ticulaire, que les observateurs donnent à la lu- » mière zodiacale ».

« Le point où la force centrifuge balance la » pesanteur, est d'autant plus près du corps, que » le mouvement de rotation est plus rapide. En

» concevant que l'atmosphère s'étende jusqu'à » cette limite, et qu'ensuite elle se resserre et se » condense par le refroidissement à la surface du » corps, le mouvement de rotation deviendra de » plus en plus rapide, et la plus grande limite de » l'atmosphère se rapprochera sans cesse de son » centre. L'atmosphère abandonnera donc suc- » cessivement dans le plan de son équateur des » zones fluides qui continueront de circuler au- » tour du corps, puisque leur force centrifuge » est égale à leur pesanteur; mais cette égalité » n'ayant point lieu relativement aux molécules » de l'atmosphère éloignées de l'équateur, elles » ne cesseront point de lui appartenir; il est vrai- » semblable que les anneaux de Saturne sont des » zones semblables, abandonnées par son atmos- » phère ».

Il explique (*Ibid. pag. 301.*) la formation des planètes et des comètes. « La considération des » mouvemens planétaires (qui s'exécutent à-peu- » près dans le même plan) nous conduit donc à » penser, dit-il, qu'en vertu d'une chaleur ex- » cessive, l'atmosphère du soleil *s'est primitive- » ment étendue au-delà des orbes de toutes les » planètes*, et qu'elle s'est resserrée successive- » ment jusqu'à ses limites actuelles...

» La grande excentricité des orbes des comètes » conduit au même résultat; elle indique évidem-

» ment la disparition d'un grand nombre d'orbes
» moins excentriques : ce qui suppose autour du
» soleil une atmosphère qui s'est étendue au-delà
» du périhélie des comètes observables, et qui
» en détruisant les mouvemens de celles qui l'ont
» traversée pendant la durée de sa grande éten-
» due, les a réunis au soleil....

» Mais comment a-t-elle déterminé les mouve-
» mens de révolution et de rotation des planètes?
» Si ces corps avoient pénétré dans ce fluide, sa
» résistance les auroit fait tomber dans le soleil.
» On peut donc conjecturer qu'ils ont été formés
» aux limites successives de cette atmosphère,
» par la condensation des zones qu'elle a dû aban-
» donner dans le plan de son équateur, en se re-
» froidissant et se condensant à la surface de cet
» astre... On peut conjecturer encore que les sa-
» tellites ont été formés d'une manière semblable
» par les atmosphères des planètes.... ».

Ce géomètre suppose donc que primitivement l'atmosphère solaire étoit aussi étendue que je la suppose dans ce moment; mais il croit qu'elle s'est resserrée au point de ne s'étendre aujourd'hui qu'à-peu-près au tiers de la distance du soleil à Mercure : sa seule raison est que si elle étoit plus étendue, elle produiroit une telle diminution dans les mouvemens des planètes qui la traverseroient, qu'elles finiroient par tomber dans le soleil.

Mais en supposant à cette atmosphère une grande rareté, les mouvemens des corps qui la traverseroient en souffriroient peu, et pas plus qu'en traversant la matière éthérée, et les autres fluides répandus dans l'espace. Or on doit supposer que cette atmosphère est très-rare à une certaine hauteur ; car nous avons vu (§. 653) que celle de la terre à cent lieues de hauteur, a très-peu de masse ; et celle du soleil, qui est très-dilatée par la chaleur de cet astre, en doit encore avoir moins.

Car il seroit difficile de supposer que cette atmosphère ait jamais pu fournir la masse de toutes les planètes et de leurs atmosphères, lesquelles réunies forment presque la huit centième partie du soleil.

On ne conçoit pas davantage comment l'atmosphère terrestre auroit formé la lune, dont la masse forme la $\frac{1}{58}$ partie de celle de la terre ; comment les atmosphères de Jupiter, de Saturne, Herschel, auroient formé leurs satellites... Je ne parle pas de la difficulté de supposer que ces zones de l'atmosphère solaire ainsi séparées, ses parties grossières se soient réunies pour former les planètes principales, et ensuite les secondaires et leurs atmosphères....

Au reste je ne présente ces réflexions qu'avec circonspection, parce que les idées d'un aussi

grand géomètre ne sauroient être trop méditées.

DU FLUIDE MAGNÉTIQUE.

§. 691. Tous les phénomènes que présente le magnétisme, sont l'effet d'un fluide quelconque. Mais quel est ce fluide? comment agit-il? La physique est encore bien éloignée de pouvoir répondre, d'une manière satisfaisante, à ces différentes questions. Exposons quelques-unes de ces qualités.

1°. On magnétise un morceau de fer ou d'acier, en le frottant contre un aimant ou un morceau de fer aimanté, en ayant soin que les poles de même nom se correspondent toujours, le pole sud avec le pole sud, le pole nord avec le pole nord.

2°. On peut même aimanter des barreaux d'acier sans aimant, comme l'a fait Anthéaume. Il place sur une planche, dans la direction du méridien magnétique, des barres de fer, et il fait glisser sur ces barres de petits barreaux de fer, ayant bien soin de ne pas changer les poles. On obtient bientôt des aimans assez puissans.

3°. L'électricité peut encore aimanter des verges de fer. *Franklin* a aimanté des barreaux de fer en les posant dans la direction du méridien magnétique, et les électrisant fortement.

On rapporte, dans les mémoires de l'académie de Paris, que la verge de fer du clocher de Chartres étant descendue, se trouva fortement aimantée.

Le tonnerre étant tombé dans une boutique, magnétisa des couteaux.

L'aurore boréale fait varier l'aiguille aimantée.

Le tonnerre, tombé sur un lieu où il y a une aiguille, change quelquefois sa direction.

4°. La chaleur peut aussi produire le magnétisme. On place dans le méridien magnétique des barreaux de fer : on les chauffe, et ensuite on les refroidit subitement ; ils se trouvent aimantés.

Les instrumens d'acier, comme la lime, les forets... s'aimantent souvent de cette manière en s'échauffant, lorsque l'ouvrier travaille fortement.

5°. L'aiguille aimantée se dirige constamment vers les poles de la terre ; mais elle affolle si on approche des mines d'aimant.

6°. Si on place dans le méridien magnétique un barreau aimanté, et qu'on jette dessus de la limaille d'acier, on la voit s'arranger autour de ce barreau, en faisant des espèces de demi-cercles d'un pole à l'autre.

7°. Le fluide magnétique agit à travers les corps. Car, si on place dans un vase de la limaille de fer, et qu'on présente un aimant à la surface extérieure du vase, la limaille en est attirée.

Il agit également à travers l'eau.

8°. Ce fluide agit dans le vide. Car, si on répète l'expérience précédente sous le récipient de la machine pneumatique, la limaille est également attirée.

9°. L'aiguille aimantée a deux poles : l'un boréal, se tourne constamment vers le nord, et l'austral se tourne toujours vers le sud, avec des variations qui étonneront long-temps les physiciens.

On a observé quelques substances qui ont la polarité sans agir sur le fer. *Dolomieu* rapporte que *Breislak* a trouvé, aux pieds des monts Albano, un tuf qui a la propriété polaire à l'aimant, sans avoir la faculté d'attirer le fer. (*Isles Ponces, pag. 45.*)

Humbold a observé le même phénomène sur une grosse masse de cornéenne.

10°. Si l'on approche l'une de l'autre deux aiguilles aimantées, et qu'on en présente les deux poles de même nom, c'est-à-dire, les deux poles nord ou les deux poles sud, elles se repoussent. Mais si l'on présente deux poles opposés, c'est-à-dire, le pole nord de l'une et le pole sud de l'autre, elles s'attirent. C'est ce qu'on appelle poles amis, et les autres poles ennemis.

Ce phénomène a fait supposer à plusieurs physiciens que le fluide magnétique se comporte, à-peu-près, comme le fluide électrique. Deux corps

électrisés positivement ou négativement, se repoussent. Mais si l'un est électrisé positivement et l'autre négativement, ils s'attirent.

Œpinus a étendu au magnétisme son hypothèse sur l'électricité. Selon lui, les molécules du fluide magnétique se repoussent entre elles, et elles sont attirées par un seul corps, le fer, et quelques-unes de ses différentes mines; tandis que les molécules du fer ou de l'aimant se repoussent entre elles. Mais cette action du fluide magnétique sur le fer et l'aimant suppose qu'il ne peut pas les traverser, tandis qu'il traverse tous les autres corps avec la plus grande facilité, comme la lumière, par exemple, traverse les corps diaphanes.

D'autres physiciens, comme *Prevost, Coulomb*, ont supposé deux fluides magnétiques, comme ils avoient supposé deux fluides électriques; mais cette hypothèse ne paroît nullement fondée.

On suppose enfin que chaque pole d'un aimant doit être considéré par rapport au fluide magnétique, comme un corps qui seroit électrisé à l'une de ses extrémités positivement et à l'autre négativement; un de ces poles est magnétisé positivement, et l'autre négativement.

Il en sera de même du globe terrestre; un de ses poles sera magnétisé positivement et l'autre négativement.

§. 692. TOUTES les analogies entre le fluide électrique et le fluide magnétique ont fait croire qu'ils étoient les mêmes, ou au moins qu'ils ne différoient que fort peu. Mais cette hypothèse ne paroît pas pouvoir se soutenir; car, quoique quelques-unes des qualités du fluide magnétique se rapprochent de celles du fluide électrique, il en a qui lui sont particulières, et qui ne peuvent nullement convenir à l'autre. Le fluide électrique agit constamment sur toutes les substances métalliques, et le fluide magnétique n'agit que sur le fer. Le fluide électrique n'a point de directions fixes sur ce globe : il est répandu, dans toute sa masse, dans l'atmosphère.... Le fluide magnétique se dirige constamment vers les poles....

On pourroit peut-être dire que le magnétisme est une électricité particulière du fer. Il est différens corps, chez qui l'électricité produit des phénomènes particuliers. La torpille a une électricité qui agit différemment de celle des autres animaux.... Mais ces fluides électriques ont toujours des rapports communs qui ne permettent pas de douter qu'ils ne soient de même nature.

Le fluide magnétique paroît, au contraire, être un fluide particulier, *sui generis.*

Le fluide magnétique agit à travers tous les corps même les plus denses : d'où on doit conclure qu'il est de la plus grande subtilité.

Il ne paroît pas opposer aucune résistance sensible au mouvement des corps; car des aimants vigoureux, placés auprès de tubes vides d'air, n'empêchent point que les corps s'y meuvent avec la plus grande facilité. Ce fluide a donc une grande rareté.

Il doit être également très-élastique.

Si le fluide magnétique agissoit à une certaine distance, comme le fluide lumineux, le fluide électrique, et qu'on pût apprécier sa vîtesse, ce seroit une donnée pour connoître sa rareté et son élasticité; mais ce moyen nous manque.

Aucun phénomène ne prouve qu'il existe denx espèces de fluide magnétique. C'est une hypothèse par laquelle on a cru expliquer plus facilement les phénomènes; mais, jusqu'ici, elle ne paroît pas suffisamment établie.

§. 693. Mais pourquoi le fluide magnétique n'agit-il que sur l'aimant, qui est une mine de fer, et sur ce métal?

On a fait plusieurs hypothèse pour expliquer ce phénomène. La plupart des physiciens ont supposé, dans l'aimant et le fer aimanté, des pores construits et arrangés de telle et telle manière. Voici la forme qu'*Euler* leur suppose (1).

(1) Dissertation sur l'aimant.

Les pores du fer forment une suite de canaux continus et parallèles. Ces canaux sont coupés par des valvules plus ou moins rapprochées. Le fluide magnétique entre, par exemple, par le pole nord, les valvules s'ouvrent et le laissent passer. Arrivé à l'extrémité de la verge de fer aimantée, il retourne sur la surface du corps, pour rentrer de nouveau par le pole nord.

Présente-t-on à ce courant le pole nord d'un autre aimant ? ce fluide en trouve les valvules également perméables, et il y entre. On voit que ce pole nord de ce nouvel aimant correspond au pole sud du premier. C'est pourquoi deux aimans s'attirent par les poles opposés.

Mais le fluide magnétique ne pourroit traverser cet aimant dans un sens opposé, puisque les valvules, en se fermant, s'opposeroient à son passage.

Par conséqnent, si, à l'extrémité du pole sud d'un aimant, on présente le pole sud d'un autre aimant, le fluide magnétique ne pourra y entrer, et il le repoussera.

Les poles de même nom se repousseront donc, tandis que les poles opposés s'attireront.

La plupart des autres hypothèses sur la forme et l'arrangement des poles de l'aimant, se rapprochent plus ou moins de celle-ci.

§. 694. Je ne crois pas que ces systèmes puissent se soutenir, et je puis faire voir leur insuffisance par les principes de la cristallographie.

Le fer paroît composé de molécules cubiques, ainsi que ses mines attirables et ses mines d'aimant. Or, ces petits cubes se placent les uns à côté des autres, ou les uns sur les autres, suivant les loix dont nous avons parlé. Cet arrangement régulier éloigne toute idée de valvule, ou toute autre idée analogue.

D'ailleurs, tous les phénomènes qu'on observe, en aimantant des verges d'acier, éloignent cette idée des valvules. Nous avons vu qu'on aimante par un léger frottement, par de petits coups, par l'électricité.... Or, ces mouvemens sont trop légers pour changer la juxtaposition des molécules d'un acier vigoureusement trempé et très-dur. Aussi, en cassant un morceau d'acier magnétisé, et un qui ne l'est pas, n'apperçoit-on aucune différence dans leur grain.

Enfin, on doit comparer les phénomènes du magnétisme à ceux de l'électricité. Lorsqu'on électrise un corps, ou positivement, ou négativement, on ne change point sa contexture intérieure, l'arrangement de ses molécules....

Je pense donc que ce n'est point dans la juxtaposition même des molécules du fer et de l'aimant, et dans les pores ou vides qu'elles laissent

entre elles, qu'il faut chercher l'explication de ces phénomènes. Je les attribue aux petites atmosphères qui environnent chacune de ces molécules.

La plus petite molécule d'aimant a une atmosphère magnétique. Lorsque plusieurs de ces molécules sont réunies, la plus grande partie de ces atmosphères particulières reflue autour de la masse totale; mais il en demeure une portion autour de chaque molécule, qui se niche dans les interstices qu'elles laissent entre elles. C'est dans l'action de ces petites atmosphères qu'il faut rechercher la cause des phénomènes qui nous occupent.

Si nous supposons que les molécules du fluide magnétique se repoussent entre elles, comme on le suppose pour les molécules du fluide électrique;

Si nous supposions encore que les deux extrémités d'un aimant, quelque petit qu'il soit, se trouvent respectivement dans deux états opposés de magnétisme, c'est-à-dire, que l'une A est magnétisée en plus, c'est-à-dire, positivement, tandis que l'autre B est magnétisée en moins, c'est-à-dire, négativement,

On diroit que chaque molécule d'un aimant quelconque a aussi ses deux poles magnétisés, l'un positivement, et l'autre négativement; que le

pole A de l'un correspond toujours au pole B de l'autre, et que, par conséquent, il y a attraction entre ces poles A et B de ces deux molécules.

La force des aimans paroît être en raison des surfaces, suivant *Daniel Bernoulli*, et non en raison des solides.

Lambert pense que cette action décroît en raison inverse des quarrés des distances.

C'est aussi l'opinion de *Coulomb*, qu'il a confirmée par de belles expériences.

Du mouvement de fluidité du fluide magnétique.

§. 695. On ne peut pas douter que le fluide magnétique n'ait un mouvement intérieur de fluidité ; car il imprime des mouvemens très-vifs à de la limaille de fer qu'on expose à son action.

Du mouvement de dissolution du fluide magnétique.

§. 696. Nous n'avons aucune connoissance à cet égard.

Du mouvement de transport du fluide magnétique.

§. 697. Un fort aimant agit à une assez grande distance, qui peut s'étendre jusqu'à plusieurs pieds. Cette action doit dépendre de son fluide

magnétique dont la sphère d'activité se propage par un vrai mouvement de transport.

Du mouvement d'oscillation du fluide magnétique.

§. 698. On produit le magnétisme dans un morceau de fer, en le frottant fortement avec un autre morceau de fer aimanté, ou non aimanté; Or, que fait le frottement, si ce n'est de produire des oscillations ou des vibrations dans les corps ?

Du mouvement d'expansibilité et de compressibilité du fluide magnétique.

§. 699. Ce fluide doit être à l'état aériforme; Il a, par conséquent, une expansibilité quelconque.

S'il est expansif, il est, par conséquent, compressible.

Ses couches seront plus denses proche la surface de la terre, qu'à une certaine hauteur.

Elles devront avoir encore plus de densité à l'intérieur du globe qu'à la surface.

Ce sont les mêmes phénomènes que présente le fluide électrique.

Les faits confirment cette plus grande densité du fluide magnétique à la surface de la terre. On doit regarder, ainsi que nous l'avons dit, le globe

terrestre comme une grosse masse d'aimant. Or, dans les aimans, le fluide magnétique a d'autant plus de densité, qu'il est plus proche de leur surface. C'est ce que nous indique sa force, qui diminue à-peu-près en raison du quarré des distances. Ce fluide magnétique de la terre diminuera donc également de densité, à mesure qu'on s'éloignera de sa surface.

Le fluide magnétique doit, comme le fluide électrique, être condensé par le froid, et dilaté par la chaleur.

On peut supposer que la chaleur du soleil donnera à ce fluide les mêmes mouvemens qu'à l'air atmosphérique (§. 680), et au fluide électrique (§. 690); savoir, 1°. un mouvement d'orient à l'occident; 2°. un mouvement de l'équateur aux poles dans les régions supérieures; 3°. un mouvement des poles à l'équateur, dans la croûte extérieure du globe, ou dans son intérieur.

§. 700. Le fluide magnétique doit avoir une certaine influence dans les phénomènes géologiques. Sa quantité est très-considérable, et dans l'intérieur du globe, et à son extérieur. Son action ne se porte, il est vrai, que sur le fer; mais ce métal est si abondant dans les corps terrestres, qu'il n'en est aucun qui n'en contienne une quan-

tité plus ou moins considérable. Il y est, à la vérité, le plus souvent à l'état d'oxide non sensible à l'action de l'aimant. Mais je pense que ces oxides eux-mêmes contiennent du fluide magnétique. Chaque molécule de fer sera enveloppée d'une petite atmosphère magnétique, laquelle influera plus ou moins sur les phénomènes qu'il présente.

Le fluide magnétique se combine-t-il dans les corps, ou ne s'y combine-t-il pas?

Le globe terrestre a-t-il toujours la même quantité de fluide magnétique, ou en communiquera-t-il aux autres globes? et ceux-ci lui en communiquent-ils?

Nous n'avons aucune donnée pour répondre, d'une manière satisfaisante à ces différentes questions.

DU MAGNÉTISME DU GLOBE TERRESTRE.

§. 701. Le magnétisme est un des phénomènes les plus singuliers que présente la physique. Les anciens connurent la propriété qu'avoit l'aimant d'attirer le fer; mais ils ignoroient celle qu'il possédoit, de se diriger du côté des poles de la terre.

Les Chinois paroissent l'avoir apperçue depuis plusieurs siècles. Quelques-uns de leurs auteurs

en fixent la découverte à 2700 ans avant notre ère, et d'autres seulement à 1115 ans.

Mais on croit qu'en Europe cette propriété de l'aimant n'a été connue que vers l'an 1250, que *Jacques de Vitry*, qui accompagnoit Louis IX à sa seconde croisade, vit, à Damiette, que les pilotes maures ou arabes se servoient d'une aiguille aimantée qu'ils faisoient flotter sur un verre d'eau par le moyen de morceaux de liége; au moins est-ce à-peu-près à cette époque qu'on a parlé de la boussole, qu'on appeloit, dans ce temps, *marinette*, et que les marins nomment aujourd'hui *compas de mer*.

On distingue particulièrement deux phénomènes dans l'action qu'exerce le magnétisme sur l'aiguille. L'un est la déclinaison, et l'autre est l'inclinaison.

DE LA DIRECTION DE L'AIGUILLE.

§. 702. QUOIQU'ON dise ordinairement que l'aiguille aimantée se dirige vers les poles de la terre, c'est à quelque distance de ces poles qu'est sa véritable direction. On appelle ces points les poles magnétiques, qui, par conséquent, sont différens de ceux de la terre.

Mais la direction de l'aiguille n'est pas constamment vers les mêmes points; elle s'en

écarte plus ou moins dans la plupart des contrées. C'est ce qu'on appelle *déclinaison.*

Cette déclinaison paroît varier continuellement; car, depuis environ deux siècles qu'on l'observe en Europe, on ne l'a jamais trouvée la même; elle a avancé considérablement vers l'ouest. C'est ce qu'on appelle *variation séculaire*.

Des observateurs exacts ont reconnu, dans ces derniers temps, que la déclinaison varioit chaque année, chaque mois, chaque jour, et presque chaque heure de la journée. C'est ce qu'on appelle *variation annuelle* et *variation diurne*.

VARIATION DIURNE.

§. 703. L'AIGUILLE éprouve chaque jour deux mouvemens bien distincts, qui furent d'abord reconnus par *Hevelius*. Les observateurs qui l'ont suivi ont confirmé cette découverte.

Depuis huit heures du matin jusqu'à midi, l'aiguille décline à l'ouest : elle est à-peu-près stationnaire un instant : ensuite elle revient au nord vers le soir. Ce mouvement est moins sensible pendant la nuit ; cependant il a toujours lieu, suivant plusieurs observateurs. « La plus » grande diminution, dit *Cotte*, a lieu de cinq à six » heures du soir. Elle continue à diminuer toute » la nuit ».

D'autres physiciens prétendent que l'aiguille est stationnaire l'après-midi et la nuit.

« De midi à trois heures, l'aiguille se tenant dans » la direction du méridien magnétique, restera » sans mouvement ; elle se rapproche ensuite du » pole jusqu'à huit heures du soir. Elle est station- » naire toute la nuit jusqu'au lendemain huit heures » du matin ; en prenant une direction contraire, » elle s'éloigne du pole à-peu-près de la même » quantité qu'elle s'en étoit approchée la veille. » A midi, elle redevient stationnaire ». (*Cassini*, *Journ. de Physique*, 1792, *juin*, *pag.* 345.)

« La quantité de la variation diurne n'est pas » la même dans toutes les saisons ; il paroît qu'on » peut fixer la plus grande à quatorze minutes, » et la plus petite à cinq minutes. C'est en hiver » que la variation diurne paroît être la plus pe- » tite ; et j'ai remarqué qu'en été, lorsque la » chaleur est considérable, la variation est nulle ». (*Cassini*, *Journ. de Physique*, 1784, *avril*, *pag.* 270.)

Dans quelques endroits, comme à Péters- bourg, la variation diurne n'a que peu d'effets.

Il est certain que le résultat général des va- riations diurne est un mouvement vers l'ouest ; mais il est plusieurs mois où la somme des varia- tions est vers le nord, comme nous allons le voir.

VARIATION ANNUELLE.

§. 704. CHAQUE mois, chaque année, l'aiguille a des oscillations et des stations, de manière cependant, que le résultat général de ces balancemens, dans nos contrées, est qu'elle avance de quelques minutes vers l'ouest. C'est ce que confirment toutes les observations.

« 1°. Dans l'intervalle du mois de janvier au » mois d'avril, l'aiguille aimantée s'éloigne assez » généralement du pole, et la déclinaison est » croissante de mois en mois.

» 2°. Vers le mois d'avril, l'aiguille ne manque » jamais de se rapprocher du pole, c'est-à-dire, » qu'elle devient rétrograde, la déclinaison dé- » croissant de mois en mois jusques vers le sols- » tice d'été ; après quoi l'aiguille reprend son » chemin vers l'ouest ; et, ce qu'il y a de par- » ticulier, elle se retrouve toujours, vers le com- » mencement d'octobre, au même point où elle » étoit au commencement de mai.

» 3°. Après le mois d'octobre, l'aiguille con- » tinue sa route vers l'ouest, mais ne décrit plus » un aussi grand arc ; et, dans ces trois derniers » mois de l'année, elle atteint ordinairement son » *maximum* de déclinaison, en se balançant dans

» les limites d'un arc de cinq à six minutes ». (*Cassini, Journ. de Physique*, *1792*, *juin*, *pag. 349.*)

« De janvier en mars, l'aiguille s'éloigne du » nord.

» De mars en mai, elle se rapproche du nord.

» Elle est à-peu-près stationnaire en juin.

» Elle s'éloigne du nord en juillet.

» Elle se rapproche du nord en août, sep- » tembre et octobre. Dans ce dernier mois, sa » direction est à-peu-près comme en mai.

» Elle s'éloigne du nord en novembre et dé- » cembre.

» Son plus grand écart vers l'ouest a lieu à l'é- » quinoxe du printemps, et son plus grand rap- » prochement du nord à l'équinoxe d'automne ». (*Cotte*, *Journ. de Physique*, *1792*, *septembre*, *pag. 204.*)

Cet avancement de l'aiguille vers l'ouest forme la variation séculaire.

VARIATION SÉCULAIRE.

§. 750. C'EST cette variation qui a été l'objet des recherches des physiciens, et sur-tout des navigateurs. Ils ont fait un grand nombre d'observations pour constater la direction de l'aiguille à différentes latitudes et à différentes longitudes;

mais ce travail est encore bien éloigné de sa perfection. La plupart des voyageurs n'avoient point les connoissances nécessaires pour faire avec soin ces observations, et les boussoles étoient construites de manière à laisser une grande latitude à l'erreur. Et même aujourd'hui, qu'elles sont plus perfectionnées, on ne peut répondre d'une erreur de deux ou trois degrés; néanmoins je vais rapporter celles de ces observations qui paroissent les plus exactes.

En 1580, la direction de l'aiguille, à Paris, étoit de 11° 30′, à l'est.

En 1610, elle étoit de 10°, à l'est.

En 1666, elle étoit précisément vers le pole de la terre au nord. L'inclinaison étoit de 70°.

Par conséquent, en quatre-vingt-six ans elle avoit avancé de 11° 30′ vers le nord.

Depuis ce temps la déclinaison a toujours été à l'ouest, comme le prouvent les observations faites à l'observatoire (1) de Paris.

---

(1) *Connoissance des temps*, années 1769, 1770, 1771, 1772.

Années.	Déclinaison à l'ouest.	Années.	Déclinaison à l'ouest.
1670.	1° 30'.	1756.	17° 45'.
1680.	2 40.	1757-58.	18.
1681.	2 30.	1759.	18 10.
1683.	2 50.	1760.	18 20.
1684.	4 10.	1765.	18 55.
1685.	4 10.	1767.	19 16.
1686.	4 30.	1768.	19 50.
1692.	5 50.	1769.	19 50.
1693.	6 20.	1770.	19 50.
1695.	6 48.	1771.	19 50.
1696.	7 8.	1772.	19 50.
1698.	7 40.	1773.	19 55.
1699.	8 10.	1774.	
1700.	8 12.	1775.	
1701.	8 25.	1776.	
1702.	8 48.	1777.	
1703.	9 6.	1778.	20 35.
1704.	9 20.	1779.	29 34.
1705.	9 35.	1780.	20 44.
1706.	9 48.	1781.	20 44.
1707.	10 10.	1782.	
1708.	10 15.	1783.	21 4.
1709.	11 15.	1784.	21 26.
1714.	11 30.	1785.	
1717.	12 20.	1786.	21 27.
1719.	12 30.	1787.	21 36.
1720-21-22-24.	13.	1788.	21 40.
1725.	13 13.	1789.	
1726-27.	14 10.	1790.	21 52.
1730.	14 25.	1791.	21 55.
1731.	14 45.	1792.	21 52.
1732-33.	15 15.	1793.	21 54.
1734-40.	15 45.	1794.	
1744-49.	16 30.	1795.	
1755.	17 30.	1796.	23 16.

Cette déclinaison a donc parcouru à Paris environ 35° 00′ en deux cent seize années, c'est-à dire depuis 1580, où sa direction étoit à 11° 30′ à l'est, jusqu'en 1796, où sa direction étoit de 23° 25′ à l'ouest.

D'où on conclura que si elle suit la même marche proportionnellement, elle emploiera à-peu-près deux mille deux cent vingt-deux années pour parcourir 360°, et revenir à l'est à 11° 30′ où elle étoit en 1580.

Mais cette déclinaison suivra-t-elle la même progression, et parcourra-t-elle les 360°? c'est ce que nous ignorons, et qui ne paroît pas vraisemblable. On voit qu'à Paris depuis 1770 jusqu'en 1780, l'aiguille a peu varié; il y a même quelques années où sa marche a paru rétrograde : elle a aussi peu varié depuis 1784, jusqu'en 1790; mais maintenant elle paroît continuer de marcher à l'ouest.

Un des phénomènes qui intéresse le plus le géologue, est que cette déclinaison varie dans les différens points de la surface de la terre.

Dans certains endroits, elle décline à l'est.

Dans d'autres elle décline à l'ouest.

Enfin il est des contrées où la direction de l'aiguille est précisément vers les poles; c'est ce qu'on appelle *bande sans déclinaison*.

DES BANDES SANS DÉCLINAISON.

§. 706. Différens physiciens ont tracé sur la surface du globe plusieurs de ces bandes sans déclinaison. *Halley* est un des premiers qui ait entrepris ce travail ; il donna en 1700 une carte sur laquelle il traça les variations de l'aiguille qu'il avoit observées dans ses voyages.

Wilcke, en 1768, donna dans les mémoires de Stockholm une nouvelle carte de ces variations, que *Monnier* a fait réimprimer dans les mémoires de l'académie de Paris en 1772.

Mountaine et *Dodron* en ont donné une autre.

Buffon a fait un relevé d'un grand nombre d'observations, et a publié en 1785 une nouvelle carte des déclinaisons.

Le Monnier en a donné une en 1786.

Mais les observations ne sont point encore assez multipliées pour avoir des résultats exacts ; il faudroit qu'on les fît dans les différentes parties de la terre, et en un très-petit nombre d'années, puisque la déclinaison varie chaque année ; il seroit sur-tout essentiel de les multiplier sur les continens, où on pourroit les faire avec plus d'exactitude que sur un vaisseau.

En 1600, au cap des Aiguilles, à l'extrémité méridionale de l'Afrique, par les 38° de longi-

tude et 35° de latitude australe, la direction de l'aiguille étoit au pole de la terre, et par conséquent la déclinaison nulle.

En avril 1780, Cook trouva la déclinaison de 22° 16 ′ à la baie de Simon, 34° 20′ latitude, et 36° de longitude.

En 1658, la déclinaison de l'aiguille étoit nulle à Vienne en Autriche, par les 34° 30′ de longitude.

En 1657, la déclinaison étoit nulle à Londres, par les 17° 34′ de longitude.

En 1666, elle étoit nulle à Paris, par les 20° de longitude.

On voit que, quoique Londres soit de 2^d 32′ plus à l'ouest que Paris, cependant la bande sans déclinaison y est arrivée neuf ans plutôt qu'à Paris.

Aujourd'hui on ne rencontre cette bande sans déclinaison que bien loin à l'occident de ces contrées, par les 304° de longitude environ.

C'est cette ligne que j'appellerai *la première bande sans déclinaison* (*pl. IV*).

La déclinaison de l'aiguille est à l'ouest dans toutes les régions situées à l'est de cette ligne : savoir, l'Europe, l'Afrique et l'océan Indien jusqu'aux îles de la Sonde.

§. 707. UNE *seconde bande sans déclinaison*

se trouve dans ces régions ; mais il est assez difficile de la déterminer exactement.

En 1740, la déclinaison étoit de 3° à l'ouest, au cap Comorin.

Niebuhr (*Description de l'Arabie*) rapporte qu'en 1753, sur la côte de Malabar, à Saint-Jean proche Surate, ayant observé deux boussoles, l'une donnoit la déclinaison à l'ouest de 2° 54′, et l'autre de 3° 45′.

D'où on peut conclure qu'au cap Comorin la déclinaison étoit à-peu-près nulle.

Chappe, dans son voyage en Sibérie en 1761, observa que l'aiguille aimantée étoit sans déclinaison entre Cazan et Tobolsk, c'est-à-dire, à environ 75° de longitude, et 55° de latitude boréale.

Euler fils, en 1769, a observé que l'aiguille étoit sans déclinaison à Orsk, à 51° 12′ de latitude boréale, et 77° de longitude.

En 1769, à Kola, capitale de la Laponie russe, longitude 50° 45′, et latitude boréale 68° 52′, la direction de l'aiguille étoit de 2° à l'ouest.

C'est d'après ces observations que *Wilcke* a supposé une ligne ou bande sans déclinaison, qui partiroit des environs du cap Comorin, s'étendroit par Orsk, passeroit entre Tobolsk et Cazan, et se prolongeroit jusqu'aux environs de Kola.

Mais *Halley* avoit remarqué, dans les mêmes cantons, une autre bande sans déclinaison, qui,

partant de l'île Célèbes, remontoit vers les côtes de la Chine.

Il paroît, par les observations de *Cook*, qu'en 1780 cette bande sans déclinaison passoit par les 122° et 125° de longitude, et les 1, 2, 3 et 4° latitude boréale, entre Sumatra et Bornéo.

Cook a suivi cette même bande sur les côtes de la Chine à Macao; sur celles de l'île de Soufre et sur celles du Japon, par les 40° de latitude et les 160° de longitude, en passant à l'occident des îles Mariannes.

Bougainville, en 1766, avoit aussi trouvé la déclinaison à zéro, par les 149° et 151° de longitude, et 1 et 2° de latitude australe.

Cette bande a été suivie très-loin du côté du pole austral. Elle fut observée par *Furneaux* le 6 mars 1773, à 44° de latitude, et 156° de longitude. *Cook* l'a observée jusqu'au 58° de latitude australe, et 160° de longitude.

Cette bande formeroit donc une espèce de courbe dont le sommet seroit auprès de Sumatra sur l'équateur, et une des branches s'étendroit d'un côté vers le Japon, et l'autre vers la Nouvelle Hollande.

Le sommet de cette bande vers Sumatra seroit éloigné de 138° de la première bande sans déclinaison, et ses branches de 180° à 190° aux latitudes de 40°.

Il est vrai que la distance du sommet pourroit peut-être être regardée comme plus considérable, puisqu'il y a des observations qui ont trouvé la déclinaison nulle sur l'équateur jusqu'au 164° de longitude; et pour lors ce point seroit également éloigné de 180° de la première bande.

Mais cette bande paroît se diviser en deux auprès de Sumatra, en gagnant le nord.

Une de ces divisions est celle que nous venons de voir, qui gagne le Japon.

La seconde division se prolongeroit par le cap Comorin à Orsk, entre Cazan et Tobolsk, et s'étendroit jusqu'à Kola.

§. 708. Une *troisième bande sans déclinaison* a été observée dans la mer du sud. *Halley* la reconnut à peu de distance des côtes occidentales de l'Amérique méridionale; mais elle n'a pas encore été observée assez de temps.

Je vais rapporter quelques-unes des observations qui déterminent les lieux où paroissent passer ces bandes sans déclinaison.

§. 709. *Première bande sans déclinaison.*

	Latitude boréale.		Longitude.		Déclinaison ouest.	
Phipps.						
1773, 29 juin.	78°	2'.	25°	25'.	9°	34'.
De l'Angle.						
1782, 21 juillet.	62.		295.		45.	
1782, août.	57	30.	305	20.	4	45.
Petit Thouars.						
1794, à Asylum.	40.		302.		0	
A Philadelphie.					6.	
Gérard de Brahm.						
1774, 30 juillet.	37	44.	307	27.	3.	0.
					Est.	
1771, 26 juillet.	35	30.	302	35.	0	
1771, 27 juillet.	34	38.	303	38.	0	45.
	33	25.	302	11.	1	30.
1774, juillet.	27	37.	315	47.	0	15.
	14	31.	327	9.	0	45.
Fleurieu.						
1769, 28 avril.	14	45.	329	55.	0	00.
	Latitude australe.					
Cook.						
1776, 5 septemb.	6	45.	344	5.	0	6.
6.	7	18.	343	28.	0	7.
10.	9	1.	342	45.	0	15.
9.	10	4.	342	46.	0	34.
	11	1.	342	46.	0	24.
10.	12	40.	342	46.	0	59.
11.	13	25.	342	46.	0	16.
12.	15	33.	342	55.	0	55.
13.	16	12.	342	15.	0	48.
14.	18	30.	341	45.	1	18.
16.	20	46.	341	28.	1	44.
20.	27	29.	343	45.	2	50.
22.	29	12.	347	4.	0	58.
24.	30	25.	351	7.	1	3.
Furneau.						
1773, 2 février.	53	12.	4	35.	1	26.
					Ouest.	
1773, 20 février.	53	15.	358	28.	2	0.
1775, 10 février.	58	15.	7	1.	1	7.

Seconde bande sans déclinaison.

§. 710. Cette seconde bande a été suivie à d'assez grandes distances.

	Latitude australe.	Longitude.	Déclinaison est.
Cook.			
1773, 16 mars.	58° 58′.	162°.	0° 31′.
1777, 22 janvier.	43 31.	160 36′.	3 0.
21.	41 23.	158 51.	1 0.
1780, 29 février.	15 53.	112 25.	2 47.
4.	8 6.	123.	1.
1 février.	1. 21.	122 50.	0 26 ¼
	Boréale.		Ouest.
31 janvier.	3 18.	122 6.	0 30.
17.	14 39.	130 48.	1 24.
16.	16 39.	131 40.	0 39.
1779, 2 décemb.	22 8.	131 18.	0 32.
			Est.
26 novemb.	21 12.	137 49.	0 0.
16.	25 7.	156 37.	1 49.
1.	35 17.	159 4.	1 41.
30 octobre.	36 41.	159 39.	1 20.
26.	40 5.	160.	0 15.
23.	40 35.	164 14.	0 49.

L'aiguille décline de plus en plus à l'est en gagnant le nord de l'Asie vers Kamtschatka. Le *maximum* de la déclinaison observée a été de 35° 17′ à l'est, par les 69° 55′ de latitude, et les 212° 94′ de longitude, le 17 juillet 1779.

Cette seconde bande se soutient très-long-temps sans déclinaison sous l'équateur dans ces contrées, et ensuite paroît s'étendre au nord dans une direc-

tion différente de celle qui gagne les côtes du Japon, et dont nous venons de parler.

	Latitude australe.	Longitude.	Déclinaison est.
Bougainville.			
1766.	9° 17'.	151° 58'.	1° 55'.
	1 52.	149 53.	0 40.
Carteret.			
1767, 27 septemb.	2 50.	154.	2.

On voit que la déclinaison est à-peu-près nulle sous l'équateur dans ces régions, depuis environ les 150° de longitude jusqu'au 122°.

Cette bande sans déclinaison se divise à-peu-près à cette longitude, et gagne le cap Comorin en se prolongeant jusqu'à Kola d'un côté, et de l'autre elle s'étend vers la Chine et le Japon.

§. 711. *Troisième bande sans déclinaison.*

	Latitude australe.	Longitude.	Déclinaison ouest.
Byron.			
1765, 30 octobre.	7° 14'.	263° 14'.	0° 50'. Est.
Cook.			
1777, 29 mars.	10 10.	260 35.	1 57.
26 mars.	14 41.	257 15.	2 10.
24 mars.	17 7.	260 35.	1 56.
Byron.			
1765, 19 octobre.	21 10.	253 18.	0 0.
Bougainville.			
1766.	23 24.	266 7.	0 39.
Carteret.			
1767, 17 juin.	24 4.	264 58.	1 51.
18 juin.	28 7.	263 40.	2 0.
Cook.			
1774, 11 janvier.	47 22.	257 54.	2 34.
26 janvier.	65 44.	245 56.	19 0.
Dixon.	Boréale.		Ouest.
1786, 21 avril.	2 35.	261.	5 0.
28.	7 20.	260 54.	5 15.

§. 712. Ces observations ont été confirmées par les derniers voyageurs. Je me contenterai de rapporter celles du capitaine *Dixon*, qui a fait le tour du globe en 1785, 1786, 1787 et 1788, sur le *King-George* et la *Quen-Charlotte*.

Tables de déclinaisons observées par Dixon, *en 1785, 1786, 1787, 1788.*

	Latitude boréale.	Longitude, île de Fer.	Déclinaison à l'ouest.
1785, octobre, 30.	13° 20'.	354° 26'.	9° 20'.
novemb. 1.	10 6.	355 15.	10 16.
6.	7 14.	355.	11 2.
9.	5 28.	356 10.	9 30.
14.	1 22.	356.	9 26.
	Australe.		
17.	1 27.	351 30.	5 58.
23.	11 28.	346 5.	2 58.
26.	17.	343 30.	0.
			Est.
décemb. 1.	23 12.	341 10.	5 58.
5.	25 26.	358 50.	5 25.
8.	29 39.	334 55.	6 15.
12.	34 36.	332 21.	11 16.
16.	38 35.	328 41.	14 1.
23.	46 24.	323 54.	15 35.
27.	48 35.	324 4.	19 26.
1786, janvier, 25.	52 40.	314 51.	25 0.
février, 2.	58 9.	312 55.	25 30.
6.	60 5.	307 55.	26 10.
9.	59 0.	304 17.	27 15.
10.	58 2.	303 36.	28 35.
18.	55 31.	295.	26 20.
mars, 2.	50 16.	293 49.	17.
14.	42 45.	292 47.	13 50.
23.	34 8.	286 59.	9 17.
29.	28 2.	279 57.	6 30.
31.	25 8.	276 39.	5 0.
avril, 6.	17 32.	270 21.	3 44.
14.	8 44.	264 36.	4 27.
	Nord.		
21.	2 35.	261 0.	5 0.
28.	7 20.	259 11.	5 15.
mai, 8.	17 4.	247 55.	5 50.
12.	20 3.	242 53.	6 17.
30.	20 45.	220 49.	8 0.
juin, 14.	23 10.	216 45.	10 9.
20.	30 6.	216 49.	15 10.
juillet, 1.	41 31.	225 24.	17 20.
10.	51 24.	227 55.	19 30.

	Latitude nord.	Longitude.	Déclinaison est.
1786, août, 15.	59° 23′.	227° 31′.	24° 30′.
27.	59 0.	231 47.	28 10.
septemb. 7.	58 5.	239 42.	24 0.
19.	51 56.	244 13.	24 18.
29.	49 15.	249 55.	20 0.
octobre, 5.	44 6.	246 26.	19 25.
27.	32 27.	232 3.	11 14.
31.	29 03.	229 31.	9 27.
1787, avril, 5.	46 50.	227 10.	18 10.
14.	55 57.	230 56.	19 34.
16.	58 9.	230 54.	19 0.
mai, 16.	59 23.	232 10.	29 38.
juin, 12.	57 3.	241 54.	27 59.
juillet, 1.	55 22.	243 50.	24 27.
5.	55 48.	2	24 28.
août, 16.	41 40.	246 30.	16 16.
25.	27 57.	237 22.	9 18.
28.	24 4.	234 24.	8 37.
29.	23 21.	233 24.	6 6.
septemb. 21.	18 23.	216 17.	8 0.
24.	13 56.	213 28.	8 10.
28.	13 41.	205 55.	8 43.
octobre, 5.	13 47.	195 7.	12 0.
11.	13 5.	185 24.	12 10.
18.	13 22.	171 24.	8 21.
20.	14 1.	167 0.	7 15.
23.	15 25.	161 3.	5 34.
29.	19 2.	147 46.	1 25.
			Ouest.
1788, février, 15.	16 33.	151 18.	2 17.
25.	5 31.	122 54.	0 22.
avril, 19.	21 45.	86 6.	16 15.
28.	27 0.	71 36.	19 30.
30.	28 29.	67 0.	21 0.
mai, 2.	29 17.	64 42.	24 55.
15.	36 7.	41 19.	24 12.
juin, 2.	30 48.	29 12.	21 15.
16.	16 18.	15 32.	16 2.

Ces observations de *Dixon*, faites dans trois années consécutives, nous retracent les trois bandes sans déclinaison.

Il a passé sur la première au 26 novembre 1785, par les 17° de latitude australe et 343° de longitude.

Il traversa la troisième au mois d'avril 1786, par les 17° de latitude australe et 270° de longitude.

Enfin il passa la seconde au mois de février 1788, par le 5° de latitude nord et 122° de longitude.

On voit les grandes variations qu'a éprouvées l'aiguille à d'assez petites distances.

Ces observations présentent encore un phénomène intéressant.

Depuis le 31 mars 1786, par les 25° de latitude nord et les 275° de longitude, la déclinaison s'est soutenue à-peu-près à 5° jusqu'au 8 mai, par les 17° de latitude, sur l'espace de 30 degrés ou 750 lieues. Il est vrai que la latitude a beaucoup changé.

Mais, depuis le 28 août 1787, par les 24° de latitude et 234° de longitude, jusqu'au 28 septembre, par les 14° de latitude et 205° de longitude, la déclinaison s'est soutenue à environ 8 degrés l'espace de 28° de longitude, ou 700 lieues dans une latitude de 10 degrés.

Nous avons vu que la même chose paroît avoir lieu relativement à la seconde bande sans déclinaison, qui paroît se soutenir sous l'équateur pendant 20 ou 30 degrés de longitude.

D'où on doit conclure que la déclinaison peut être à-peu-près la même dans une grande étendue de terrein.

La plus grande déclinaison observée par *Dixon* est de 30° ; mais il y en a de plus considérables.

La Peyrouse et *l'Angle*, le 21 juillet 1780, trouvèrent la déclinaison de 45° par les 62° de latitude nord et 275° de longitude, entre le Groenland et le Labrador.

Cook, le 25 février 1773, a trouvé la déclinaison de 43° 6′ par les 60° 51′ de latitude australe, et 122° 5′ de longitude.

Quelques voyageurs font mention de déclinaisons encore plus considérables.

La conclusion que nous devons tirer de tous ces faits, est qu'il ne paroît exister aujourd'hui que trois bandes sans déclinaison.

§. 713. La première a été observée depuis le 35° de latitude boréale et le 303° de longitude.

Elle descend, en faisant une courbe, jusqu'au 14° de latitude, et 329° de longitude.

On ne l'a pas encore observée sous l'équateur ; mais, par les 350° de longitude et zéro de latitude, la déclinaison a été trouvée de 4° 25′ à l'ouest.

A 6° 45′ de latitude australe, *Cook* a trouvé la déclinaison zéro en septembre 1776.

Cette bande a été suivie jusqu'à 58° de latitude

australe et 7° de longitude, que *Furneaux* l'a observée à 1° à l'ouest le 10 février 1775.

On peut supposer que de-là elle s'étend jusqu'au pole magnétique austral, en s'inclinant beaucoup à l'est.

Mais au nord elle paroît s'incliner beaucoup à l'ouest, et je crois qu'à la latitude boréale de 75° environ, elle doit se trouver environ par les 290 degrés de longitude.

§. 714. LA seconde bande sans déclinaison paroît commencer vers le pole austral, vers les 175° de longitude et les 75° de latitude. *Cook* l'a trouvée à 160° de longitude et 58° de latitude.

De-là elle remonte vers la terre d'Yémen, traverse la Nouvelle Hollande, et se rend à l'Archipel indien.

La déclinaison paroît nulle, ou à-peu-près, dans toutes ces îles, l'espace de 25 à 30 degrés sous l'équateur, savoir, depuis Mindanao, Macassar, jusqu'à Sumatra et au-delà.

Cette bande paroît se diviser dans ces contrées.

Une branche gagne le cap Comorin, s'étend du côté de la mer Caspienne, passe à Orsk, à l'orient de Cazan, et se propage jusqu'à Kola.

L'autre branche se propage le long des côtes méridionales de la Chine, passe à Macao et se

rend au Japon ; peut-être se termine-t-elle là, à moins qu'elle ne rentre dans les terres : car, au Kamtschatka, la déclinaison est de plusieurs degrés à l'est. Il se pourroit donc que cette ligne eût été pliée par le continent de l'Asie sur les côtes de la Chine et du Japon, mais qu'elle rentre dans la Sibérie, car, à Tobolsk, la déclinaison est à l'est.

§. 715. La troisième bande sans déclinaison paroît être, par les 250° de longitude sous l'équateur ; elle se prolonge vers le pole austral par les 257° de longitude ; vers le pole boréal elle se rapproche à l'est, et gagne la Californie.

Ces bandes sans déclinaison se prolongent plus ou moins vers chaque pole, mais sans suivre le même méridien ; elles sont pliées par les divers continens.

Indépendamment de ces bandes, il est beaucoup d'endroits où l'aiguille éprouve des variations considérables dans sa direction ; sa déclinaison n'y est point aussi grande que l'indiquoit sa longitude ou sa distance à la bande sans déclinaison. On peut même dire qu'en général il n'est point d'endroit où la déclinaison soit ce qu'elle devroit être en raison de sa longitude et de sa latitude.

Il est même plusieurs endroits où l'aiguille n'a aucune direction fixe, c'est-à-dire, qu'elle *affolle*.

Abel-Tasman, qui voyageoit en 1542, rapporte que l'aiguille de ses boussoles horisontales ne se dirigeoit vers aucun point fixe dans la partie voisine de la terre d'Yémen, par les 12° de latitude australe et 150° de longitude (1).

Le même phénomène a été observé en plusieurs endroits.

Entre chacune de ces trois bandes, la déclinaison augmente depuis zéro jusqu'à 20, 30, 40 ou 45°, et diminue de nouveau jusqu'à zéro.

§. 716. Ces bandes sans déclinaison changent continuellement de place.

La première étoit en 1600 au cap des Aiguilles, 34° de latitude et 38° de longitude, et aujourd'hui elle se trouve à 351° de longitude, à 30° dans les latitudes australes, c'est-à-dire, qu'en cent quatre-vingt-treize ans, elle a parcouru 43 degrés en longitude vers l'occident.

Il faut cependant remarquer, à cet égard, que *Furneaux* a retrouvé cette bande dans les mers australes, à peu de distance du Cap, savoir, à 58° de latitude australe et 7° de longitude, et la direction de l'aiguille, au Cap, étoit de 20° dans le même temps.

En 1666, à Paris, 20° de longitude et 48° 50' latitude, la direction de l'aiguille étoit à zéro.

(1) Histoire des Voyages, *in-4*. tome XI.

Aujourd'hui, à la latitude nord de 48° 50', la direction de l'aiguille a été trouvée à zéro par les 302° de longitude. Ainsi elle auroit parcouru 78° à l'ouest dans l'espace de cent soixante ans.

Mais cette variation n'est pas aussi considérable à Paris, car elle n'est que d'environ 23 degrés; aussi, en cent vingt-neuf ans elle n'a avancé vers l'ouest, à Paris, que de 23°, tandis que cette bande sans déclinaison ne se trouve aujourd'hui à la latitude de Paris que vers les 302 degrés de longitude; par conséquent elle a avancé de 78 degrés vers l'ouest.

Nous n'avons pas des observations aussi sûres, sur les variations de la seconde bande; mais elle paroît marcher dans le même sens que la première, et avancer vers l'occident.

En 1620, au cap Comorin, la déclinaison à l'ouest étoit de 14° 20'.

Halley avoit trouvé, en 1683, qu'au cap Comorin l'aiguille déclinoit de 8 degrés à l'ouest.

En 1740, cette déclinaison n'étoit plus que 3°.

En 1753, il paroît, par les observations de *Niebürh*, que la déclinaison étoit encore moindre vers ce cap.

La ligne sans déclinaison dans ces contrées paroîtroit donc avoir avancé également à l'occident.

Mais nous ignorons si la branche qui s'étend

du côté du Japon, a suivi la même marche.

Nous ne pouvons rien dire de bien certain sur les variations de la troisième bande ; il y a trop peu de temps qu'elle a été observée avec exactitude, à moins que les Espagnols qui, dans leur voyage d'Acapulco à Manille, ont dû l'appercevoir depuis long-temps, ne publient leurs observations.

Il paroît que *Schouten* l'apperçut en 1616, le 3 avril, à 14° 12′ de latitude australe, et 257° 30′ de longitude.

L'amiral hollandais *Jacques l'Hermite*, le 15 avril 1624, trouva la déclinaison de deux degrés au nord-est, à environ 20° de latitude sud, et 305° de longitude.

Le 17 avril 1708, *Frondt* trouva la variation à 2° 4′ du nord-est, à 2° 6′ de latitude australe, et 273° 45′ de longitude.

Cette troisième bande paroît être aujourd'hui à environ 260° de longitude par les premiers degrés de latitude australe.

Elle a donc aussi avancé vers l'ouest à ces latitudes.

Elle s'approche ensuite du continent occidental de l'Amérique dans l'hémisphère boréal, et elle gagne la Californie. *Dixon*, à 7° 20′ de latitude nord, et 260° de longitude, a trouvé la déclinaison de 5° 16′ à l'ouest.

Halley, en 1683, avoit déjà observé cette bande sans déclinaison qui traversoit la Californie.

Il paroîtroit donc que cette troisième bande sans déclinaison commence du côté du pole austral par les 257° environ de longitude, coupe l'équateur par les 264° de longitude, se fléchit vers le continent dans l'hémisphère boréal du côté d'Acapulco, et de-là se rend au pole magnétique boréal.

Peut-être cette bande se réunit-elle avec la première bande avant d'arriver au pole magnétique, et pour lors elle formeroit un Y comme la seconde en forme un du côté de l'Archipel indien.

Il est des endroits où la déclinaison a paru presque nulle pendant un assez grand nombre d'années.

La déclinaison de l'aiguille étoit à la Martinique, en 1682, à 4° 5′ vers l'est. *Thibaut de Chanvalon*, en 1751, l'a trouvée de 4° 30′ à 3° 40′; enfin, *Pingré*, le 21 février 1772, l'a trouvée de 4° 30′, et le 10 mars de 3° 53′.

On peut donc conclure de ces observations, que l'aiguille a été à-peu-près stationnaire, à la Martinique, pendant l'espace de quatre-vingt-dix ans.

Sans doute il est beaucoup d'autres endroits où on trouvera l'aiguille également stationnaire.

A Québec, suivant des observations communiquées à *Cassini*, la direction de l'aiguille, en trente-sept ans, n'a varié que de 30 minutes (1).

DE L'INCLINAISON DE L'AIGUILLE.

§. 717. Si on fait une aiguille d'acier, telle que posée sur son pivot ou dans sa chappe, ses deux parties soient parfaitement en équilibre, et qu'on l'aimante ensuite, son équilibre ne subsistera plus; mais elle s'inclinera fortement vers le nord dans nos contrées, et vers le sud, si on la transporte au-delà de l'équateur.

Cette inclinaison varie suivant les latitudes, et il est des points où elle est nulle; ce sont ceux qui sont également éloignés des poles magnétiques. Ces points forment un grand cercle du globe, lequel coupe l'équateur terrestre.

Il y a donc un équateur magnétique différent de l'équateur terrestre. L'inclinaison de l'aiguille y est nulle; elle augmente ensuite à mesure qu'on approche de chaque pole magnétique. Dans notre hémisphère, c'est l'extrémité nord de l'aiguille qui s'incline; et dans l'hémisphère austral, c'est l'extrémité sud.

Les deux poles magnétiques diffèrent des deux poles du globe, et en sont éloignés d'environ

(1) *Buffon*, de l'Aimant, page 156.

15 degrés. L'équateur magnétique coupera donc l'équateur terrestre sous un angle d'environ 15 degrés : mais il s'agit de déterminer les lieux où sont ces nœuds ou points d'intersection. On ne peut les fixer que d'après les observations de l'inclinaison dans les diverses contrées : ces observations ne sont pas encore assez nombreuses, ni peut-être assez exactes. Nous allons rapporter celles auxquelles on peut avoir le plus de confiance.

§. 718. *Table de l'inclinaison de l'aiguille.*

		Latitude australe.		Longitude.		Inclinaison.	
Cook.							
1780, mai,	31.	12°.	48'.	1°.	55'.	0°.	0'.
		12	11.	1	57.	1	14.
	25.	18	12.	8	28.	13	57.
	20.	24	35.	17	35.	28	15.
	17.	27	36.	23	23.	34	22.
	13.	32	32.	33	31.	44	20.
Au cap de Bonne-Espérance.							
1780, avril,	21.	34	15.	55	56.	46	46.
	4.	35	23.	42	30.	49	37.
février,	2.	0	22.	122	29.	15	22.
	6.	4	36.	121	37.	24	22.
1777, janvier,	7.	48	10.	112	44.	69	54.
décemb.	20.	3	13.	221.		0	12.
	19.	4	56.	221	47.	5	11.
1773, mai.		45	47.	183	55.	70	5.
Bayli.							
1777, janvier,	13.	47	50.	131	25.	73	10.
Cook.		Boréale.					
1774, juillet.		9	24.	125	47.	0	5.

	Latitude boréale.	Longitude.	Inclinaison.
Eckeberg.			
1780, janvier, 26.	8° 39′.	123° 54′.	1° 55′.
20.	8 49.	125 20.	2 0.
29.	6 53.	122 54.	1 39.
1779, janvier, 12.	18 35.	221 50.	38 50.
mars, 6.	21 56.	233 51.	43 11.
octôbre, 26.	40 59.	165 52.	51 53.
14.	48 17.	173 20.	59 20.
septemb. 15.	53 0.	176 19.	63 1.
juin, 21.	55 51.	181 26.	65 31.
30.	61 48.	198 5.	71 54.
juillet, 10.	68 1.	205 50.	78 30.
18.	70 26.	213 27.	79 58.
Bayli.			
1779, août, 18.	70 30.	215 20.	81 46.
Phipps.			
1773, juillet, 9.	80 12.	19 37.	81 52.
août, 29.	80 27.	32 51.	82 2.

§. 719. En comparant ces diverses observations de l'inclinaison de l'aiguille, on verra que le zéro de l'inclinaison ne se trouve point sous l'équateur terrestre. Et cela doit être; puisque les poles magnétiques diffèrent de ceux de la terre, l'équateur magnétique différera donc également de l'équateur terrestre.

Le lieu des nœuds ou des deux points où ces cercles se coupent, seront les deux endroits de l'équateur terrestre où l'inclinaison est nulle. Mais les observations ne sont pas assez précises pour déterminer ces points avec exactitude : il faut donc comparer un grand nombre d'observations faites à différentes latitudes.

L'inclinaison, suivant *Cook*, étoit nulle le 31 mai 1780, par les 12° 48′ de latitude australe, et le 1° 55′ de longitude.

Cette inclinaison étoit encore nulle, suivant *Eckeberg*, en juillet 1774, à Poulo-Condor, à 9° 24′ de latitude boréale, et 125° 47′ de longitude. Et suivant *Cook*, le 26 janvier 1780, elle étoit de 1° 55′ par les 8° 39′ de latitude boréale, et les 123° 54′ de longitude.

En tirant une ligne de ces deux points, nous trouverons le nœud ou point d'intersection des équateurs terrestre et magnétique, à environ 70°. de longitude.

Le second nœud ou point d'intersection de l'équateur magnétique sur l'équateur terrestre, sera par conséquent à 180° du premier nœud, c'est-à-dire environ les 250° de longitude dans la mer du Sud.

Les points du plus grand éloignement de l'équateur magnétique à l'équateur terrestre, seront par les 160°, et 340 degrés de longitude.

Ces deux points seront à environ 15 degrés de l'équateur terrestre, puisque nous avons supposé que les poles magnétiques sont à-peu-près éloignés de 15 degrés des poles du globe.

Il me semble que c'est à-peu-près la position de l'équateur et des poles magnétiques pour l'année 1780, qu'on doit conclure des observa-

tions de *Cook* et autres voyageurs de ce temps.

Toutes leurs autres observations confirment cette position. Suivant *Cook*, l'inclinaison, le 29 janvier 1780, n'étoit que de 1° 39', par les 6° 55' latitude boréale, et les 122° 54' longitude. Le 20 décembre 1777, *Cook* trouva l'inclinaison de 0° 12', par les 3° 13' de latitude australe et les 221° de longitude.....

L'inclinaison paroît avoir une variation séculaire comme la déclinaison, mais très-foible. En 1666, à Paris, l'inclinaison de l'aiguille étoit de 75 degrés, et en 1796, elle est de 71° 0'.

Cette variation fait voir qu'il y a un léger changement dans la position de l'équateur magnétique, comme l'indique la déclinaison.

§. 720. Voila un grand nombre de faits intéressans, dont il est sans doute difficile d'assigner les causes. Mais voyons tout ce qui peut agir sur l'aiguille aimantée.

1°. Les mines d'aimant, de fer, etc... Elles agissent avec beaucoup de force sur l'aiguille : lorsqu'on porte une boussole près de ces mines, l'aiguille est dans une agitation continuelle.

2°. Le fluide électrique a une grande influence sur la direction de l'aiguille; elle est agitée dans les temps d'orage. Un coup de tonnerre qui tombe auprès du lieu où elle se trouve, peut même lui faire perdre sa direction, et la faire affoler.

3°. L'aurore boréale cause également de l'agitation à l'aiguille, comme l'a fait voir *Wanswinden*. Il est peu d'aurores boréales un peu fortes où on n'observe ce phénomène : il paroît qu'il est également dû au fluide électrique.

« Parmi les causes perturbatrices de la variation diurne, les aurores boréales sont sans doute » les plus fortes. Leur effet dérange absolument la » direction des aiguilles aimantées qu'elles agitent » en tout sens..... ; les aiguilles semblent même » quelquefois en sentir les effets d'avance, et quelquefois aussi cet effet se prolonge après le phénomène. J'ai lieu de soupçonner aussi quelqu'influence de la part de la lumière zodiacale..... Le » tonnerre, les éclairs, les orages ont bien rarement de l'action sur les aiguilles ; mais le vent » de nord-est et d'est me semble plus d'une fois » accompagner certaines irrégularités ». (*Cassini, Journal de Physiq. 1784, avril, page 270.*)

4°. Les grandes éruptions des volcans causent encore de l'agitation à l'aiguille. En 1755, *Récupero* plaça une boussole sur de la lave qui avoit une assez grande chaleur. L'aiguille fut fort agitée, et enfin perdit sa vertu magnétique.

Bertrand a observé en Suisse, que l'aiguille étoit fort agitée pendant un tremblement de terre. (*Cotte, Météréologie, tome II, page 105.*)

On peut soupçonner que ces agitations sont un

effet de l'électricité, qui est assez forte dans ces momens.

5°. On ignore encore si les rayons du soleil, ou leur chaleur peut produire des variations dans l'aiguille. Nous avons vu que sa déclinaison varie aux différentes heures du jour, et dans les différentes saisons de l'année. *Canton, Wanswinden*, ont observé que la chaleur faisoit varier l'aiguille; elle perd même sa direction si la chaleur est trop forte.

« J'ai remarqué quelquefois, dit *Cassini*, qu'un » changement subit du beau au mauvais temps, » ou du mauvais au beau, changeoit aussi la di- » rection ordinaire de l'aiguille pour quelques » jours, et qu'ensuite semblable changement la » ramenoit à son premier état. C'est en hiver que » la variation diurne paroît être la plus petite. » On remarque cependant qu'en été, lorsque la » chaleur est considérable, la variation est nulle ». (*Journ. de Physiq. 1784, avril, page 270.*)

6°. La grande chaleur. Les observateurs ont remarqué que la variation diurne de l'aiguille étoit nulle dans les grandes chaleurs.

7°. Les grands froids long-temps prolongés. *Ellis*, dans son voyage à la baie d'Hudson, en 1740, a observé qu'un froid excessif dérangeoit la direction de l'aiguille.

8°. La direction de l'aiguille aimantée peut

être dérangée par des montagnes qui contiennent des mines d'aimant ou du fer attirable. *Saussure* rapporte des observations qui ne permettent pas d'en douter. Il observoit avec *Tremblay* son magnomètre, espèce de boussole, à une lieue environ du mont Suc et du mont Broglia, et il trouva une déclinaison considérable à l'ouest : il conclut que cette déviation étoit occasionnée par ces montagnes. « Et en effet, ajoute-t-il, les »pierres ferrugineuses, telles que le schorl, la »pierre de corne et la pierre ollaire, qui entrent »dans la composition de ces montagnes, reudent »parfaitement raison de cette attraction.

»Cependant je desirai d'en avoir une preuve »encore plus décisive, et de voir si cette attrac- »tion n'influeroit pas aussi sur l'aiguille aimantée. »Pour m'en assurer, de la cime du Cramont je di- »rigeai ma boussole à la tour de l'église de Cour- »mayeur, et je vis que cette tour gissoit à 52° 15′ »du nord par est; et de retour à Courmayeur, je »me portai, non pas dans la tour même, parce »que les barreaux de fer qui soutiennent les clo- »ches auroient influé sur la direction de la bous- »sole, mais hors la sphère d'activité, quoique pré- »cisément dans la même direction; et visant de-là »au sommet du Grammont, au lieu de 52° 15′, je »n'eus que 49 degrés : ce qui prouvoit que sur la »cime du Cramont, les montagnes à l'ouest atti-

»roient l'aiguille de la boussole avec une force »qui la faisoit décliner de 3° 15′ plus qu'à Cour-»mayeur ». (*Voyages dans les Alpes.*)

§. 721. Il se présente maintenant plusieurs questions à discuter.

1°. Quelle est la force qui fait diriger l'aiguille à-peu-près vers les poles du globe ?

2°. Quelle est la force qui fait varier la direction de l'aiguille aux différentes heures de la journée ?

3°. Quelle est la force qui fait varier la direction de l'aiguillée dans les différentes saisons de l'année ?

4°. Quelle est la force qui fait varier l'aiguille en différentes années; ce qui forme la variation séculaire ?

5°. Quelle est la cause qui fait varier l'inclinaison ?

6°. Quelle est la cause des bandes sans déclinaison, et de leur marche vers l'ouest ?

7°. Quelle est la cause que la déclinaison et l'inclinaison éprouvent dans certaines contrées des variations différentes que dans d'autres?

Il est sans doute très-difficile de répondre à ces questions.

§. 722. CHAQUE aimant a deux poles. On suppose aujourd'hui que l'un est positif, et l'autre négatif.

La même chose doit avoir lieu relativement au globe terrestre. Un de ses poles **A** seroit magnétisé positivement, et l'autre **B** négativement.

Le magnétisme de la terre étant très-puissant, régiroit le magnétisme de tous les aimans particuliers, qui par conséquent affecteroient constamment la direction magnétique du globe.

Je conviens qu'il est difficile d'expliquer ces magnétismes positif et négatif, ou pour mieux dire, ces attractions et répulsions du fluide magnétique. Mais c'est un fait que nous avons déjà vu relativement au fluide électrique : on ne peut le nier, quelle qu'en soit la cause.

§. 723. LE globe terrestre se comportera donc en tout comme un aimant ordinaire. Il aura ses deux poles, l'un **A** positif, et l'autre **B** négatif; il sera enveloppé d'une atmosphère de fluide magnétique, dont une portion demeurera incluse entre ses propres molécules, et l'autre sera repoussée à l'extérieur, pour lui faire une vaste atmosphère magnétique. Cette atmosphère agira sur tous les aimans qui seront à sa surface, ainsi que sur le fer, comme tout aimant agit sur le fer

ou les autres aimans qui sont dans la sphère de son activité.

Ce fluide n'a pas ses poles précisément aux poles du globe, mais ils en sont peu distans.

Le mouvement de ce fluide suit la courbure du globe ; il doit par conséquent faire incliner l'aiguille vers les poles : c'est la cause de l'*inclinaison.*

§. 724. Il paroît, d'après toutes ces observations, qu'on ne peut révoquer en doute qu'aux environs de chaque pole de la terre il y ait un ou plusieurs poles magnétiques, c'est-à-dire, des points, où, comme dans les aimans, soit naturels soit artificiels, le fluide magnétique du globe terrestre exerce principalement son action. On a cherché à déterminer ces points ; voici quelques données qui ne paroissent pas sans fondement.

L'Angle a trouvé la déclinaison de 45° à l'ouest par les 62° de latitude nord et 295° de longitude, sur les côtes du Labrador, à la partie orientale de l'Amérique.

Dixon, à la partie orientale de l'Amérique, par les 60° de latitude et 231 de longitude, a trouvé la déclinaison de 3° à l'est.

Ces observations sont faites à-peu-près sous les mêmes parallèles, et à la distance de 64° de longitude, c'est-à-dire, d'environ 700 lieues. L'ai-

guille, dans ces contrées, tend à-peu-près vers le même endroit : en tirant deux lignes de ces deux endroits, elles se couperont à-peu-près vers les 75° de latitude et les 270° de longitude.

Ce seroit donc à-peu-près en cet endroit où on pourroit supposer le pole magnétique boréal, c'est-à-dire, à environ 75° de latitude nord, et 270° de longitude.

La première bande sans déclinaison s'y rendroit en traversant le Canada derrière Québec.

La troisième bande sans déclinaison pourroit aussi s'y rendre en entrant dans le continent auprès d'Acapulco, et traversant la Californie. Peut-être se joint-elle à la première bande avant que d'arriver au pole magnétique.

Mais comment la seconde bande s'y rendroit-elle ? Nous avons vu qu'elle se divise vers l'équateur : une branche gagne le cap Comorin, passe de-là à Orsk, à l'orient de la mer Caspienne, ensuite entre Tobolsk et Cazan, et se rend enfin à Kola. Les observations de *l'Angle*, qui, au Labrador, a trouvé la déclinaison de 45° à l'ouest, prouvent que cette bande ne sauroit gagner ni le Groenland ni le Labrador.

Je suppose donc que de Kola elle gagne le Spitzberg, passe proche le pole de la terre à son occident, et que de-là elle se rend au pole magnétique.

Quant à la seconde branche de cette bande,

qui de Sumatra se rend au Japon, on ne voit pas quelle route elle suivroit pour arriver à ce pole; car, au Kamtschatka et dans toutes ces contrées, l'aiguille décline beaucoup à l'est. A Jatkul, à Tobolsk, et dans toute la Sibérie, la déclinaison paroît être également à l'est. Il ne doit donc point y avoir de bande sans déclinaison dans toutes ces régions.

Il faudroit donc dire que cette bande se termine aux environs du Japon, ou que, se fléchissant beaucoup à l'ouest, elle revient joindre l'autre branche du côté d'Orsk.

On voit combien peu sont avancées nos connoissances sur la position du pole magnétique boréal; elles le sont encore bien moins sur celle du pole magnétique austral.

La première bande sans déclinaison, en repassant dans l'hémisphère austral, se courbe de plus en plus à l'orient, puisqu'à la latitude australe de 58° elle se trouve à 7° de longitude.

Je suppose que de-là elle s'avance de plus en plus à l'orient, en s'approchant du pole austral de la terre, elle passera à l'occident de ce pole et viendra joindre le pole magnétique austral, que je suppose correspondre à-peu-près au pole magnétique boréal, c'est-à-dire, que ce pole magnétique austral sera environ à 75 degrés de latitude australe, et 90 degrés de longitude.

La seconde bande sans déclinaison s'étend au

sud par les 150°, et même 160° de longitude à la latitude de 58° ; elle doit se rendre de-là au pole magnétique.

La troisième bande pourra aussi s'y réunir, en passant auprès du pole austral de la terre, et venant se rendre au pole magnétique.

Toutes ces suppositions ne peuvent être vérifiées ou détruites que par l'observation.

En les admettant, nous ne reconnoîtrions que deux poles principaux magnétiques auxquels se rendroient toutes ces lignes sans déclinaison ; mais il doit ensuite y avoir des poles particuliers.

§. 725. CAR si j'avois une opinion à émettre dans cette matière difficile, je dirois :

La densité de la partie intérieure du globe terrestre est quatre fois et demie plus considérable que celle de l'eau (§. 840), et un tiers plus considérable que celle de la croûte extérieure (§. 841). Ceci suppose que cette partie centrale contient beaucoup de substances métalliques. Or, celle de ces substances, qui est la plus commune dans le globe, est le fer, qui se trouve par-tout. On est donc fondé à conclure, par analogie, qu'il y a beaucoup de fer dans l'intérieur du globe.

Ce fer sera, ou à l'état d'aimant, ou à l'état de fer attirable.

Ces poles correspondent à-peu-près à ceux de la terre, c'est-à-dire, qu'ils en sont peu éloignés, comme nous l'avons vu.

Mais une masse d'aimant un peu considérable n'a jamais deux poles seuls ; on y en distingue toujours plusieurs. Néanmoins il y en a deux principaux qui régissent les autres, c'est un fait constant.

Je suppose donc que les masses d'aimant qui se trouvent dans l'intérieur du globe, sont rangées particulièrement le long de son axe de rotation ; et que les centres principaux d'activité se dirigent à-peu-près vers les deux extrémités de cet axe, plutôt que vers tout autre point, par exemple, vers quelques points de l'équateur, ou sur un des diamètres de l'équateur. Je dis à-peu-près, parce que les deux poles magnétiques sont à quelque distance de ceux de l'axe du globe.

Si l'action de ces poles n'étoit pas contrariée, l'aiguille s'y dirigeroit constamment de tous les points de la surface du globe, comme elle le fait sous les bandes sans déclinaison, et il n'y auroit point de déclinaison. Mais il n'y a sur toute la surface du globe que quelques lignes sans déclinaison ; par-tout ailleurs l'aiguille décline plus ou moins, soit à l'est, soit à l'ouest. Ces lignes ou bandes sans déclinaison ne se tiennent point constamment dans les mêmes lieux ; mais elles

changent de place ; il faut chercher une cause physique de ces phénomènes.

Si on supposoit à la masse magnétique intérieure de la terre plusieurs poles moins forts que les deux principaux, ces poles contrarieroient l'action de ces derniers, et feroient varier la direction de l'aiguille dans les lieux où ils se trouveroient. Or, il est sûr que la grande masse magnétique doit avoir plusieurs poles particuliers, puisque la même chose a lieu constamment pour toute pierre d'aimant un peu considérable.

Lorsqu'on divise une aiguille magnétique en deux, chacune de ces portions a ses deux poles. Si nous supposons des fentes, des cavernes, qui divisent la masse magnétique du globe qui est le long de son axe, nous aurons également de nouveaux poles. Or, nous verrons qu'il existe un grand nombre de ces fentes et de ces cavernes dans l'intérieur du globe, qui par conséquent formeront de nouveaux poles à la grande masse magnétique.

Enfin il y a différentes portions du globe où les mines, soit d'aimant, soit de fer, sont plus abondantes que dans d'autres, et même nulle part elles ne sont égales. Nous avons vu que l'aiguille *affole* souvent, ou qu'au moins sa direction est changée par l'action des montagnes.

§. 726. C'est dans la réunion de ces causes que l'on doit chercher l'explication de tous les phénomènes que présente le magnétisme.

1°. Nous supposons une masse d'aimant ou de fer magnétique dans l'intérieur du globe, laquelle s'étend particulièrement le long de son axe à-peu-près.

Ses deux poles principaux sont environ à 75 à 80 degrés de latitude, soit boréale, soit australe, et à 90 et 270 de longitude.

L'équateur magnétique coupera l'équateur terrestre à environ 70 et 250 degrés de longitude, sous un angle de 15 degrés.

Ce seront ces deux poles principaux qui feront diriger les deux poles de l'aiguille vers le nord et vers le sud.

2°. Cette grande masse aura des poles particuliers, soit par elle-même, soit par des fentes ou ruptures qui lui seront survenues.

Ces poles particuliers feront changer la direction de l'aiguille dans les diverses contrées où ils se trouveront placés.

S'il étoit prouvé que la seconde branche de la bande sans déclinaison qui se rend au Japon, se termine dans ces parages, il faudroit y admettre un de ces poles particuliers qui seroit très-puissant.

Néanmoins les deux poles principaux régiront plus souvent ces poles particuliers, et les lignes sans

déclinaison seront seulement fléchies par ceux-ci, mais se rendront toujours aux deux grands poles.

3°. Des montagnes contenant des mines abondantes de fer ou d'aimant, feront fléchir également les grandes bandes sans déclinaison, ou changeront la quantité de déclinaison. Or, la plupart des montagnes contiennent ou des mines de fer ou des pierres attirables. C'est pourquoi la direction de l'aiguille est le plus souvent fléchie par les continens, et se trouve rarement telle que la donnent la longitude et la latitude.

§. 727. CETTE hypothèse fournit une explication assez plausible de la direction de l'aiguille vers les poles magnétiques, et de son inclinaison; mais elle ne paroît pas satisfaire également aux phénomènes que présentent les différentes variations de déclinaison et d'inclinaison de l'aiguille, la diurne, l'annuelle et la séculaire, lesquelles ont vraisemblablement la même cause.

L'aiguille a un mouvement chaque jour, et presque chaque heure; elle se balance tantôt vers le nord, tantôt vers l'ouest. C'est la *variation diurne.*

Le résultat général de ces variations diurnes, est qu'elle se porte au nord pendant quelques mois, et que dans d'autres elle se porte à l'ouest. Mais, dans nos climats, sa marche est presque chaque année vers l'ouest. C'est la *variation annuelle.*

Ces mouvemens se répétant chaque année, augmentent la déclinaison vers l'ouest ; ce qui forme la *variation séculaire*.

Les bandes sans déclinaison se portent de même constamment vers l'ouest ; cependant il est quelques années où la déclinaison a paru stationnaire, et même rétrograde.

La cause, telle qu'elle soit, qui produit tous ces phénomènes, agit donc constamment à chaque heure, tantôt vers l'est, tantôt vers l'ouest, de manière que le résultat de son action soit à l'ouest.

Les physiciens ont formé deux principales hypothèses pour expliquer ces phénomènes. Les uns en ont recherché une cause dans l'intérieur du globe, les autres ont eu recours à des agens extérieurs.

§. 728. Halley, un des premiers qui a envisagé ces phénomènes dans toute leur étendue, suppose qu'il y a un grand noyau magnétique dans l'intérieur du globe ; que ce noyau a un mouvement de rotation qui produit les déclinaisons de l'aiguille. Il suppose quatre poles magnétiques à ce noyau (1).

a Le premier est à environ 15° de longitude, et 83° de latitude nord.

---

(1) Transactions philosophiques, 1683.

b Le second est à 75° de latitude nord, au milieu de la Californie.

c Le troisième est à 287° de longitude, et 74° de latitude australe.

d Le quatrième est à 137° de longitude, et 70° de latitude australe.

Il suppose deux de ses poles fixes et les deux autres variables, et le mouvement de ces deux derniers produit, suivant lui, le changement de déclinaison.

On sent toutes les difficultés que présente cette hypothèse.

a Il faudroit supposer, dans l'intérieur de la terre, une cavité immense dans laquelle se mouvroient ces noyaux, qui par conséquent seroient absolument détachés du globe, comme le sont, par exemple, les noyaux des ætites ou pierres d'aigle.

b Il faudroit supposer une force que feroient mouvoir ces noyaux, tantôt à l'ouest, tantôt au nord, et jamais avec la même vîtesse.

c L'action de ces noyaux seroit suspendue sous les bandes sans déclinaison....

Toutes ces hypothèses sont difficiles à admettre.

Œpinus supposoit que la figure du noyau pouvoit être variable ; ce qui feroit également varier l'action du fluide magnétique.... Mais ces hypothèses sont trop destituées de vraisemblance.

Il en faut dire autant de la supposition de mines d'aimant ou de fer magnétique, qu'on fait se détruire ou se reproduire suivant qu'on en a besoin....

Euler a supposé un seul noyau magnétique qui avoit ses deux poles, et il chercha à expliquer tous les phénomènes par l'action du fluide magnétique qui est autour de ce noyau.... Mais il n'a pu rendre raison des phénomènes de la variation dans la déclinaison et l'inclinaison....

Canton, pour expliquer ces variations, a eu recours à la chaleur des rayons du soleil : la chaleur, dit-il, diminue la force de l'aimant ; par conséquent, lorsque le soleil échauffe à *l'est* de l'aiguille, la force magnétique y devient plus foible. L'aiguille doit donc marcher à l'ouest, où la force magnétique n'a pas été diminuée ; elle reviendra au nord au coucher du soleil, parce que la force magnétique à l'est a repris sa première énergie.

Mais on a répondu à ce physicien, 1°. que l'action de la chaleur solaire ne peut pénétrer jusqu'au noyau magnétique ; 2°. que cette action est trop irrégulière....

§. 729. D'AUTRES physiciens n'admettent point de noyaux magnétiques. Ils tâchent d'expliquer tous les phénomènes par un ou deux fluides magnétiques qui enveloppent le globe de la terre. Telle

est l'opinion de M. *Prévost*, qui admet deux fluides magnétiques.

Mais ils sont fort embarrassés pour expliquer les variations dans la déclinaison et l'inclinaison.

Quelques-uns ont demandé si l'on ne pouvoit pas attribuer ces phénomènes aux causes qui produisent la précession, la nutation, le changement d'obliquité de l'axe.... Mais il ne paroît pas qu'il y ait aucun rapport entre ces phénomènes.

Quelques autres ont attribué aux aurores boréales une grande influence sur les variations de déclinaison et d'inclinaison... Mais les aurores boréales n'ont, dans leur apparition, aucune marche régulière, telle que celle des variations de l'aiguille.

§. 730. Enfin, plusieurs physiciens, tels que *Buffon*, ont cru trouver dans le fluide électrique une cause de ces variations de l'aiguille.

a Il est certain que le fluide électrique agit sur l'aimant.

b Il est encore sûr que l'électricité de l'atmosphère varie aux différentes heures, et ces variations correspondent à-peu-près à celle de l'aiguille ; car l'électricité aérienne va en croissant depuis le lever du soleil, où elle est presque nulle, jusqu'au milieu du jour, qu'elle acquiert sa plus grande force. Elle diminue ensuite pour se rani-

mer vers le coucher du soleil ; elle est presque nulle pendant la nuit.

L'aiguille demeure également à-peu-près stationnaire pendant la nuit ; le matin elle marche à l'ouest jusqu'après midi, alors elle revient au nord jusqu'à huit heures du soir.

c L'électricité de l'atmosphère varie dans les différens temps de l'année. Elle est plus forte en été qu'en hiver.

L'aiguille, depuis janvier jusqu'en avril, décline à l'ouest, elle revient au nord les trois mois suivans ; elle est à-peu-près stationnaire pendant quelque temps, ensuite elle retourne vers l'ouest.

d L'électricité de l'atmosphère est à-peu-près nulle pendant les grandes chaleurs.

L'aiguille n'éprouve point de variations dans les mêmes circonstances.

e On pourroit soupçonner que l'électricité de l'atmosphère éprouve des variations séculaires qui n'ont pas encore été assez étudiées ; car il paroît que l'aurore boréale, qu'on ne peut s'empêcher de reconnoître pour un phénomène électrique, se montre aujourd'hui plus fréquemment vers l'ouest..

J'ai supposé (§. 683) que l'atmosphère électrique de la terre avoit, comme son atmosphère aérienne, trois mouvemens principaux : 1°. un d'orient en occident ; 2°. un de l'équateur

au pole ; 3°. un des poles à l'équateur, par les couches extérieures et intérieures du globe.

Je suppose que l'atmosphère magnétique de la terre a des mouvemens analogues.

Toutes ces analogies ne sont pas sans fondement. Il est certain que le fluide électrique exerce une action quelconque sur les mouvemens de l'aiguille, et que, puisqu'il éprouve un grand nombre d'anomalies, il doit les communiquer à l'aiguille. Mais ces anomalies ne paroissent point avoir la même régularité que celle de l'aiguille.... d'ailleurs il ne faut pas admettre son action seule.

Je crois qu'on doit plutôt chercher dans le fluide magnétique lui-même la principale cause de toutes les variations de l'aiguille, que dans le fluide électrique. Mais la grande analogie qu'ont ces deux fluides, ne me permet pas de douter que les causes qui agissent sur l'un n'agissent sur l'autre. Ainsi, le fluide magnétique sera affecté par toutes les causes que nous venons de voir affecter le fluide électrique.

§. 731. En rapprochant tous les faits, et résumant toutes les opinions sur cette matière difficile, je vais dire ce qui me paroît le plus vraisemblable.

I. Je supposerai qu'il y a dans l'intérieur du globe, et principalement le long de son axe, une

certaine quantité d'aimant ou de fer sensible à l'action de l'aimant; que cette masse a deux poles principaux, qui correspondent à quelque distance des poles de la terre.

II. Je supposerai que cette masse a plusieurs poles particuliers.

III. Je supposerai que cette masse magnétique fait partie du globe même, est mélangée avec les autres substances minérales, et que par conséquent elle n'a aucun mouvement particulier et différent de ceux du globe.

IV. Une partie du fluide magnétique de cette masse est demeurée dans l'intérieur du globe terrestre, et l'autre a été repoussée à sa surface pour lui former une immense atmosphère magnétique.

V. Le fluide extérieur magnétique du globe a un mouvement à la surface du globe d'un pole à l'autre, semblable à celui que nous voyons autour d'un gros aimant naturel ou artificiel.

Ce mouvement du fluide magnétique est modifié par les poles particuliers de la grande masse magnétique.

VI. Pour expliquer la cause des trois bandes sans déclinaison, je supposerai que le fluide magnétique, dans son cours d'un pole à l'autre, n'a pas par-tout la même activité. Aussi je dirai que les courans de ce fluide, qui correspondent aux

trois bandes sans déclinaison, ont plus de force, en sorte qu'ils se dirigent constamment vers les poles magnétiques. Dès-lors ils feront fléchir vers eux les autres courans; et les corps magnétiques, soumis à l'impulsion de ces courans moins forts, seront obligés d'obéir à une force composée, et de celle des courans auxquels ils correspondent, et de celle des trois grands courans. Ils décriront donc la diagonale de ces forces, et par conséquent l'aiguille y déclinera, soit à l'est, soit à l'ouest.

VII. Mais pourquoi ces bandes sans déclinaison sont-elles sans cesse repoussées vers l'ouest?

Nous avons vu que l'atmosphère aérienne a un mouvement général vers l'ouest.

Le fluide électrique a un mouvement semblable.

Enfin les vents du nord-est et d'est produisent des irrégularités dans les mouvemens de l'aiguille, suivant *Cassini*.

§. 732. Je supposerai donc que ce mouvement est commun au fluide magnétique, et que celui qui environne le globe est sans cesse repoussé à l'ouest par les mêmes causes qui influent sur les atmosphères aérienne et électrique.

Ce sera principalement l'action de la chaleur des rayons solaires, comme nous l'avons vu (§.661). Elle a d'ailleurs une influence particulière sur les phénomènes magnétiques : car les observateurs

ont remarqué que la chaleur diminuoit le magnétisme, et même, lorsqu'elle est trop considérable, elle en suspend totalement l'action.

Quoique cette explication me paroisse plus conforme que toutes les autres aux principes de la physique, et qu'elle concilie mieux les observations, je conviens qu'elle n'est pas sans difficulté. On me demandera pourquoi je suppose, 1°. que dans les courans du fluide magnétique d'un pole à l'autre, il y en a trois principaux..... 2°. que l'atmosphère magnétique du globe est repoussée sans cesse à l'ouest.....

§. 733. Nous devons conclure que nous n'avons pas encore assez de faits ni assez de données pour expliquer ces phénomènes. Il faut que les observations soient continuées des siècles. On verra jusqu'où s'étendront la déclinaison et l'inclinaison, les variations qu'elles éprouveront, les effets que produiront sur elles l'action des rayons du soleil, les éruptions des volcans, les aurores polaires.... On s'assurera si ces aurores ont une marche régulière dans leurs apparitions, si elles déclinent à l'ouest.....

Il faudra sur-tout étudier la marche de l'électricité atmosphérique; car j'avoue que j'aime à croire qu'elle a une marche analogue à celle de l'aiguille aimantée. Or, la variation séculaire de

l'aiguille n'est que le résultat de sa variation annuelle, et celle-ci le résultat de sa variation diurne. Il faut donc en trouver la cause dans un agent qui agisse chaque heure, chaque jour, chaque année... et la somme de ces actions sera la variation séculaire.

Dans l'état de nos connoissances actuelles, on doit supposer la plus grande analogie entre le fluide électrique et le fluide magnétique, quoiqu'ils soient différens. Les causes qui agissent sur l'un doivent donc agir sur l'autre. Par conséquent, il est vraisemblable que l'atmosphère électrique de la terre éprouve les mêmes variations que son atmosphère magnétique. L'une et l'autre sont repoussées à l'ouest, comme l'atmosphère aérienne...

Ce sera à nos neveux à prononcer sur tous ces objets. Nous leur laisserons des observations précieuses et bien faites.

Ce que nous pouvons assurer aujourd'hui, est qu'il existe autour du globe terrestre un fluide magnétique, quelle que soit sa nature, lequel produit tous les phénomènes singuliers que nous venons de voir.

DU MAGNÉTISME DES PLANÈTES, DES COMÈTES ET DES SOLEILS.

§. 734. La même analogie qui nous a portés à regarder les planètes et les comètes comme des corps approchant plus ou moins du globe terrestre, doit également nous faire conclure que ces globes sont soumis à l'action du fluide magnétique.

Le soleil est peut-être également enveloppé d'un fluide magnétique.

L'analogie doit encore faire présumer que les autres soleils, leurs planètes, leurs comètes, sont aussi soumis à l'action d'un fluide magnétique.

Je conviens que toutes ces analogies sont foibles, et n'ont point assez de fondement pour servir de base à une opinion, qu'on puisse dire avoir une certaine certitude : mais elles ont une probabilité suffisante.

D'après ces hypothèses, on peut donc supposer que le fluide magnétique est répandu autour de chacun des grands globes, comme l'est le fluide électrique.

DU FLUIDE MAGNÉTIQUE DANS LES ESPACES CÉLESTES.

§. 735. Il paroît probable que le fluide magnétique jouit de la même expansibilité que tous les fluides de cette espèce. Dès-lors il doit chercher sans cesse à se dilater, et il se répandra dans les espaces célestes.

Ses couches inférieures seront plus denses, puisqu'il sera compressible par une suite nécessaire de son expansibilité : comme nous avons vu que cela a lieu pour le fluide électrique.

Mais quelle sera l'étendue de l'atmosphère magnétique de chaque globe? Ces atmosphères des différens globes se touchent-elles? *Newton* pense que l'atmosphère magnétique du globe terrestre enveloppe la lune, et agit sur elle. *In his computationibus* (*virium in lunam*) *attractionem magneticam non computavi, cujus utique quantitas perparva est, et ignoratur.* (Princ. mathem. lib. 3, §. 37, prob. VIII. Corol.)

DU FEU.

§. 736. On doit regarder le feu comme la cause principale du mouvement : sans lui tous les corps seroient vraisemblablement à l'état de solidité.

L'eau seroit congelée, l'air lui-même perdroit peut-être sa fluidité, et tous les corps cédant à leur force d'affinité, se combineroient. Mais le feu brise ces combinaisons, et entretient ainsi le mouvement et la vie dans les êtres existans. Mais quelle est la nature de ce fluide si actif?

1°. Ses molécules doivent être de la plus grande ténuité: car elles traversent tous les corps avec une extrême facilité.

2°. Elles ont une grande rareté, qui est peut-être un milliard de fois plus considérable que celle de la platine.

3°. Elles ont une grande force: car elles dilatent tous les corps, liquéfient les uns, vitrifient les autres, enfin les réduisent tous en vapeurs.

4°. Elles ont une force considérable d'expansion.

5°. Elles ont une grande force de répulsion.

6°. Cette force qu'ont les molécules du feu, vient de ce que les forces propres des parties premières qui le composent ne sont point en équilibre, ce qui donne à ces molécules un mouvement giratoire. (§. 610).

7°. Elles doivent être sphériques, comme le prouvent les loix qu'elles suivent dans leur réflexion.

Maintenant il est facile de démontrer que des molécules sphériques, animées d'une grande force,

ne peuvent presque jamais se combiner entre elles. Car sur une multitude de points qu'a chaque surface sphérique, il n'y en a qu'un qui puisse favoriser cette combinaison; savoir celui qui se trouve dans le diamètre de la force. Or comment, dans deux de ces molécules, ces deux points pourroient-ils se réunir? Il y a un *maximum* d'un second ordre contre un, que cela ne sera pas; et quand même cette combinaison s'opéreroit quelquefois, elle seroit aussi-tôt brisée par le mouvement des autres molécules.

Le feu se présente sous différentes formes qu'il faut bien distinguer; et pour lors il prend des noms divers. Nous allons exposer très-succinctement ses principales qualités.

Du calorique.

§. 737. Une grande quantité de matières combustibles enflammées répand au loin de la matière de la chaleur, ou du calorique, ou du feu thermométrique. Ce calorique pénètre tous les corps qui se trouvent à une certaine distance; il en sort, il y entre, sans que ces corps souffrent d'autres altérations qu'une dilatation, pourvu que son action ne soit pas portée trop loin.

Si son action est plus forte, le corps entre en fusion, ou il est réduit en vapeurs.

De la capacité des corps pour le calorique.

§. 738. Mais tous les corps n'ont pas la même affinité avec le calorique. Si on place, par exemple, dans un bain d'eau ou de toute autre liqueur bouillante, plusieurs verges égales des différentes substances métalliques, on verra qu'elles s'échauffent à différens degrés.

Plusieurs physiciens se sont occupés de ces recherches. *Richman* publia (1) en 1752 des expériences intéressantes sur la qualité qu'ont plusieurs métaux de conduire la chaleur. *Ingenhouz* (2) répéta ce travail en 1789; *Thompson* s'en occupa pareillement (3), ainsi que *Pictet* (4). *Mayer* (5) et *Humboldt* (6) ont même soumis cette force conductrice de la chaleur à des formules algébriques.

Force conductrice du calorique.

Eau,	1,0000.
Air atmosphérique,	0,2490.

(1) Mém. de l'Académie de Pétersbourg.
(2) Journ. de Phys. janvier 1789.
(3) Transactions philosophiques, 1787.
(4) *Pictet*, Essai sur le feu.
(5) Loix et modifications du calorique.
(6) Journ. de Phys. juillet 1793.

Or,	1,0504.
Zinc,	1,5455.
Esprit-de-vin,	2,0379.
Soufre,	3,0358.

Les corps se conduisent donc à l'égard du calorique, comme à l'égard du fluide électrique. Nous avons vu qu'ils n'ont point la même affinité avec lui, et que différens corps, placés à côté d'un globe électrisé, en tirent des étincelles qui ne sont point de la même force.

Néanmoins, toutes ces verges qui ont différens degrés de chaleur, sorties du bain de la liqueur bouillante, et placées à l'air extérieur, acquièrent le même degré de chaleur thermométrique, quoiqu'elles n'aient point la même quantité de calorique, proportionnellement à leur masse.

DE LA CHALEUR LATENTE.

§. 739. *Black*, dans l'hiver de 1757, voyant des glaçons au milieu d'une grande masse d'eau, quoique la température fût assez élevée au-dessus de zéro, et que le dégel fût arrivé depuis plusieurs jours, chercha la cause de ce phénomène, qui se répète à chaque instant dans les temps froids.

« Comment ces glaçons peuvent-ils se soutenir » si long-temps à la température de zéro, ou » même au-dessous, tandis que l'eau dans laquelle

» ils plongent et la température de tous les corps » environnans sont beaucoup au-dessus de zéro » ?

Il fit différens mélanges de l'eau avec de la glace; et, après plusieurs essais, il reconnut qu'une livre de glace à zéro exigeoit, pour fondre, une livre d'eau à la température de 62° 22, et qu'après la fonte de la glace le mélange se trouvoit toujours à zéro.

Cette belle expérience lui apprit qu'il falloit une très-grande quantité de chaleur pour fondre la glace; car l'eau employée avoit 62° 22, et, après l'expérience, elle s'est trouvée réduite à zéro : ces 62° 22 ont été tous employés à fondre la glace. Cependant la température de cette glace réduite en eau est toujours zéro; donc ces 62° 22 de chaleur sont combinés, sont *cachés* dans cette eau, et ne sont plus sensibles : c'est pourquoi il l'appelle chaleur *latente*.

Cette expérience, répétée par tous les physiciens, a donné constamment les mêmes résultats. On a cru seulement remarquer qu'il ne falloit à l'eau que 60° pour fondre une quantité de glace à zéro, égale à son poids.

Tous les autres corps de la nature, qui de solides deviennent liquides, ont donné des résultats analogues.

Black en conclut que les corps, en passant de l'état de solidité à celui de liquidité, devoient ac-

quérir différens degrés de chaleur *latente;* et que, réciproquement, en passant de l'état de liquidité à celui de solidité, ils devoient perdre cette chaleur latente : ce qui est confirmé par l'expérience.

Si on fait congeler de l'eau lentement, on observe que le thermomètre, plongé dans cette eau, descend deux ou trois degrés au-dessous de zéro, avant qu'elle se congèle. Mais au moment de la congélation, le thermomètre remonte brusquement quelques degrés au-dessus de zéro, et enfin se fixe au terme de zéro. Cette ascension subite du thermomètre est produite par le dégagement de la chaleur latente de l'eau, qui se dissipe au moment de la congélation. Il y a d'autres expériences où ce dégagement est encore plus sensible; par exemple, dans la cristallisation de certains sels. Lorsqu'on fait cristalliser le sel, et qu'il est sur le point de cristalliser, si on secoue légèrement la capsule, la cristallisation se fait subitement, et on éprouve une chaleur très-sensible. La plus grande partie des sels exige pour se dissoudre dans l'eau un certain degré de chaleur, qui se trouve absorbé après la cristallisation.

Il est un troisième état des corps, celui de vapeurs. L'eau peut s'échauffer depuis zéro jusqu'à 80 degrés; elle parvient pour lors à l'ébullition, et se réduit toute en vapeurs. *Black* chercha à

s'assurer par l'expérience si ces vapeurs avoient une chaleur *latente*, égale ou supérieure à celle de l'eau bouillante. *Watt* l'aida dans ses expériences. Voici l'appareil qu'il employa.

Il prit une bouillote terminée par un tube de métal de cinq à six pieds de longueur, et s'ajustant bien à la bouillote. Ce tube, se recourbe par son extrémité, et a une double courbure.

Un second vase contenant une certaine quantité d'eau bien pesée et recouvert, reçoit ce tube lorsque l'eau de la bouillote est en pleine ébullition. On a aussi pesé cette eau pour déterminer la quantité qui s'en dissipe par l'ébullition. Mais comme une petite quantité de ces vapeurs peut se condenser avant d'arriver au second vase, le tube a une espèce d'appendice à son extrémité inférieure, dans laquelle cette eau se dépose, de manière que la seule vapeur de l'eau arrive au second vase.

On calcule ensuite la quantité d'eau vaporisée; et la quantité de chaleur qu'elle a communiquée à l'eau du second vase. On sent combien ces expériences sont délicates. Après les avoir beaucoup multipliées, on a vu que la chaleur latente des vapeurs de l'eau bouillante étoit à-peu-près un tiers en sus de celle de l'eau. *Crawford* estime que la chaleur latente de ces vapeurs de l'eau bouillante est à celle de l'eau liquide, dont la température

est à zéro, comme 1166 est à 760, ou comme 1,55 est à 1.

Voilà donc trois états différens, où il faut considérer les différens corps par rapport à la chaleur latente ou spécifique.

1°. Celui de solidité ;

2°. Celui de liquidité ;

3°. Celui de vapeurs.

En général, le corps solide est celui qui a le moins de chaleur latente ou spécifique.

Le corps fluide en a davantage.

Et le corps aériforme ou en vapeurs est celui qui en a le plus.

Nous avons vu (§. 625.) qu'une partie de ce calorique des corps en vapeurs fait portion de leurs atmosphères particulières, et que la même chose doit avoir lieu pour tous les autres corps.

On appelle *capacité* cette qualité qu'ont ces corps pour concentrer la chaleur. Ainsi, la glace a moins de capacité pour la chaleur que l'eau liquide, et l'eau liquide en a moins que l'eau en vapeurs. Ces différentes capacités sont en raison des chaleurs spécifiques.

Les physiciens ont ensuite recherché à s'assurer de la quantité de la chaleur spécifique des différens corps. On a fait un grand nombre d'expériences, lesquelles laissent encore beaucoup desirer, et on a formé des tables de ces chaleurs spé-

cifiques. *Crawford* a fait un très-beau travail sur cette matière. Je vais rapporter un extrait de la table qu'il a donnée de la chaleur latente ou spécifique des différens corps, dans la seconde édition de son excellent ouvrage.

Table de la chaleur comparative des différens corps, déterminée par les expériences de M. Crawford.

Air inflammable,	21,4000.
Air déphlogistiqué,	4,7490.
Air atmosphérique,	1,7900.
Vapeur aqueuse,	1,5500.
Air fixe,	1,0454.
Sang artériel,	1,0300.
Eau,	1,0000.
Lait frais de vache,	0,9999.
Sang veineux,	. 8928.
Air phlogistiqué,	. 7936.
Peau de bœuf avec son poil,	. 7870.
Poumon de mouton,	. 7690.
Graisse de bœuf et de taureau,	. 7400.
Alcohol,	. 6021.
Riz,	. 5060.
Haricots,	. 5020.
Blanc de baleine,	. 5000.
Ecorce de pin,	. 5000.

Pois,	0,4920.
Froment,	. 4770.
Orge,	. 4210.
Gland,	. 4160.
Acide vitriolique,	. 4290.
Espèce de charbon,	. 2777.
Charbon de terre,	. 2631.
Craie,	. 2564.
Rouille de fer,	. 2500.
Antimoine diaphorétique lavé,	. 2272.
Oxide de cuivre presque dépouillé d'air,	. 2272.
Eau de chaux,	. 2229.
Cendres,	. 1923.
Autres cendres,	. 1855.
Rouille de fer presque dépouillée d'air,	. 1666.
Antimoine diaphorétique lavé,	. 1666.
Cendres d'orme,	. 1402.
Oxide de zinc presque dépouillé d'air,	. 1369.
Fer,	. 1269.
Laiton,	. 1123.
Cuivre,	. 1111.
Chaux blanche d'étain presque dépouillée d'air,	. 0990.
Régule de zinc,	. 0943.
Cendres de charbon de terre,	. 0909.
Etain,	. 0704.
Oxide jaune de plomb presque dépouillé d'air,	. 0680.

Régule d'antimoine, 0,0645.
Plomb, .0352.

Du principe de la causticité.

§. 740. Le calorique conserve dans quelques-unes de ses combinaisons toute son activité, comme dans les acides, les alkalis, les chaux.... c'est ce qui constitue la causticité. *Meyer* a appelé ce principe *causticum*. On peut lui donner également le nom de *calorique* combiné.

Du principe de la combustion.

§. 741. Dans d'autres combinaisons du calorique, il ne conserve aucune causticité, aucune activité; mais il peut se dégager par de doubles affinités, et pour lors il reparoît avec ses qualités ordinaires.

Si son dégagement se fait peu à peu et successivement, il ne produit que de la chaleur, comme lorsque les vapeurs de l'eau se condensent, ou lorsque l'air pur et le gaz nitreux se combinent.

D'autres fois ce dégagement s'opère promptement et en grande quantité, et alors il produit, non-seulement de la chaleur, mais de la flamme et de la lumière; ce qui forme les corps combustibles. C'est le calorique considéré sous cet état qu'on a appelé *principe de la combustion*, *prin-*

cipe inflammable, *phlogistique*, parce qu'il produit de la flamme, de la lumière et de la chaleur.

Stahl avoit cru qu'il ne se trouvoit sous cette forme que dans les corps qu'il appeloit *combustibles*, savoir, le soufre, les matières métalliques, le charbon, les huiles....

Rey, *Mayou*, *Hales*.... avoient néanmoins fait voir, long-temps auparavant, que l'air étoit nécessaire à la combustion de ces corps, qu'il se combinoit et se trouvoit dans les nouveaux produits. Mais *Stahl* ne fit pas assez d'attention à ces expériences : ce n'a été que lorsque *Crawford* eut prouvé que l'air pur contenoit une très-grande quantité de calorique, et que cette quantité étoit plus considérable que celle qui se trouvoit dans la plupart des corps combustibles : qu'il fut prouvé, d'un autre côté, qu'il se combinoit une grande quantité d'air pur dans l'acte de la combustion : qu'on a reconnu que la chaleur, la flamme et la lumière, qui se dégageoient dans cette combustion, venoient non-seulement du corps combustible : mais encore de l'air pur ; et comme l'esprit de l'homme donne toujours dans les excès opposés avant que d'arriver à la vérité, on a prétendu que c'étoit *l'air pur seul* qui fournissoit la matière de la flamme, de la lumière et de la chaleur.

Je soutiens au contraire que les corps dits combustibles fournissent également ce principe de la

flamme et de la chaleur ; et ceux qui ont combattu mon opinion pendant long-temps en conviennent aujourd'hui : toute la discussion roule sur la quantité respective qu'en fournissent et l'air pur et le corps combustible. Je ne doute point que l'air inflammable et la plupart des autres corps combustibles n'en fournissent plus que l'air pur ; mais il faudroit des expériences directes pour le prouver, et il est difficile de saisir le calorique et de s'assurer de la quantité qu'en contiennent les différens corps.

Mais quelle est la nature de cette matière du feu ? est-ce le fluide lumineux ? est-ce le fluide éthéré ? est-ce un fluide particulier ? Les savans sont partagés d'opinion à cet egard ; mais il paroît plus probable que c'est un fluide particulier.

La matière du feu est-elle la même dans le calorique, dans le principe de la causticité, et dans le principe de la combustion ? ou ce feu y est-il déjà combiné avec quelque autre principe ?

§. 742. Le géologue ne doit pas entrer dans ces discussions réservées au physicien ; mais il ne sauroit trop étudier les différentes combinaisons du feu et ses différens mouvemens ; car ce sont les causes des plus grands phénomènes qui se passent sur notre globe.

Les différentes substances, par exemple, qui le composent, ont été liquides avant que de cristalliser; il a donc dû s'en dégager, au moment de la cristallisation, une grande quantité de calorique, comme nous avons vu qu'il arrive à toutes les substances qui, de l'état de liquidité, passent à celui de solidité. Ce calorique se sera donc porté sur la partie liquide qui existoit, dont il aura élevé la température.

Mais une partie de ce calorique entre dans les nouvelles combinaisons. Nous voyons, lors de la formation de l'acide nitrique par la combinaison de l'air pur et de l'air nitreux, que la plus grande partie du calorique se combine dans cet acide. La même chose a dû avoir lieu dans la formation de tous les acides qui sont entrés dans les terreins primitifs, dans celle des terres, des substances métalliques, et de tous les corps combustibles, tels que le soufre, le phosphore, le carbone.... Il a donc dû se combiner une quantité immense de calorique lors de la cristallisation génerale du globe.

D'un autre côté, une portion déjà liquide est aujourd'hui à l'état de vapeurs, ou aériforme; elle a donc dû absorber beaucoup de calorique.

Par conséquent, lorsque ces vapeurs se résolvent en eau, et retombent sous forme de pluie, elles laissent dégager ce calorique; ce qui fait

qu'en général la pluie amène une température plus douce dans les temps d'hiver.

La neige au contraire, et la grêle en fondant, absorbent une grande partie de calorique : c'est pourquoi la grêle qui tombe en été, ainsi que le gresil, et qui fondent peu de temps après leur chûte, sont toujours suivis de froids plus ou moins vifs.

Nous verrons qu'il se combine journellement une grande quantité des différentes espèces d'airs pour former de nouveaux solides, tels que les matières végétales et animales, ainsi que les nouvelles couches de la terre. Le calorique, qui tenoit ces airs à l'état aériforme, et qui y est très-abondant, se dégagera donc également ; mais une partie se recombinera aussi-tôt dans les nouveaux composés.

Enfin, le fluide électrique, le fluide magnétique, le fluide lumineux, paroissent aussi entrer dans les combinaisons de certains corps ; leur calorique, qui doit être très-abondant, se dégagera et deviendra libre un instant, pour se recombiner en partie.

Peut-être se combine-t-il aussi une portion de calorique dans les corps qui sont réduits en verre.

Toutes ces causes, et plusieurs autres qui nous sont encore inconnues, feront donc varier sans cesse

les combinaisons du calorique à la surface de notre globe, et dans son intérieur. Il se trouve dans les corps en vapeurs, dans les fluides aériformes, dans les liquides et dans les solides; mais il y est sous différens états, comme nous l'avons vu, et comme nous aurons occasion de le voir plus en détail par la suite.

Enfin, le calorique fait une portion considérable de l'atmosphère de tous les corps, et de leurs molécules constituantes. Nous avons vu que ce sont ces portions de calorique qui sont la cause principale de la force de répulsion et de la force d'expansion.

Du mouvement intérieur de liquidité du calorique.

§. 743. Le feu et le calorique ont un mouvement intérieur de liquidité très-violent. Tous les faits que nous avons rapportés prouvent l'activité du calorique : il dilate les corps, en brise l'adhésion, les rend liquides, et les réduit en vapeurs.....

Du mouvement de dissolution du calorique.

§. 744. La fusion produite par le calorique est une véritable dissolution qu'il opère. Or tous les corps terrestres peuvent être fondus par le calo-

rique ; on peut donc le regarder comme un dissolvant universel.

On pourroit aussi dire qu'il est dissous par les autres corps, puisqu'il s'unit avec eux sous différentes formes, comme nous l'avons vu.

De l'expansibilité et de la compressibilité du calorique.

§. 745. Le calorique a une expansibilité très-considérable ; car il est la cause principale de l'expansion des autres fluides, et de leur état aériforme.

Puisque le calorique est expansif, il s'ensuit qu'il est compressible.

Plusieurs physiciens pensent que le calorique à la surface de la terre est plus dense qu'à une certaine élévation, parce que ses couches inférieures sont comprimées par ses couches supérieures, de la même manière que le sont les couches inférieures de l'atmosphère par leurs couches supérieures.

En continuant de comparer les propriétés du fluide électrique avec celles du calorique, nous avons vu que le premier de ces fluides est beaucoup plus dense, et par conséquent comprimé, à la surface de la terre, qu'à une certaine hauteur dans l'atmosphère, et qu'il doit être encore beaucoup plus dilaté dans les espaces éthérés.

Il est vraisemblable que la même chose a lieu pour le calorique : il sera plus dense à la surface de la terre qu'à une certaine hauteur dans l'atmosphère ; car nous avons vu que le calorique fait partie de l'atmosphère du corps. Il doit donc également se trouver dans l'atmosphère du globe terrestre, et il diminuera de densité en s'éloignant de la surface.

Du mouvement de transport du calorique.

§. 746. Ce fluide peut être transporté d'un lieu dans un autre. Il est réfléchi par un miroir ; il est réfracté par des lentilles....

On a objecté qu'en supposant le calorique être un fluide continu, il ne pouvoit point éprouver de transport ; mais l'air est un fluide continu, et de grandes masses d'air sont transportées, comme nous le voyons dans les vents.... Le fluide électrique est continu, et il peut être transporté comme il l'est lors de l'explosion de la foudre...

Du mouvement d'oscillation du calorique.

§. 747. Ce mouvement est semblable à celui du fluide lumineux lorsqu'il produit de la lumière, à celui de l'air lorsqu'il produit des sons.... La combustion des corps est toujours accompagnée d'un mouvement oscillatoire. Ce mouvement est produit par le feu ou le calorique.

On n'a pas encore pu calculer ce mouvement oscillatoire du calorique.

DU FROID.

§. 748. Nous avons vu jusqu'ici les différentes causes de la chaleur, recherchons maintenant celles du froid. Celui-ci n'est, il est vrai, qu'une privation de la chaleur; car l'opinion de *Mussembrock*, qui admettoit des parties frigorifiques, ne peut plus se soutenir. Il est cependant des moyens d'accélérer et d'augmenter ce froid.

a Le premier est la communication des corps chauds avec des corps froids. Le calorique cherchant toujours à se mettre en équilibre, passe des uns aux autres, jusqu'à ce qu'ils soient à-peu-près à la même température. Je dis à-peu-près, parce que l'expérience a prouvé que le refroidissement ne suit aucun rapport, ni celui des densités des corps, ni celui du volume, ni celui de l'élasticité. *Buffon* l'a démontré par un assez grand nombre d'expériences (1).

La communication du calorique entre les différens corps se fera donc en raison de son affinité avec eux, ou de leur *capacité* à le contenir.

Mais un corps se refroidiroit même sans le

(1) Des Minéraux, tome I.

contact d'aucun autre corps, parce que le calorique étant un fluide expansible, cherche sans cesse à se dilater, et il se dilateroit dans cette hypothèse avec d'autant plus de force, qu'il ne seroit plus comprimé ni retenu par l'air atmosphérique, qui, comme nous l'avons vu, en est un mauvais conducteur.

b Une seconde cause bien puissante du refroidissement des corps est l'évaporation. Elle opère des effets prodigieux : en tenant continuellement la boule d'un thermomètre enveloppée de linges trempés dans des liqueurs très-volatiles, telles que l'esprit-de-vin, ou l'éther, on peut faire descendre la liqueur jusqu'à 40° au-dessous de zéro. *Cullen* a établi ce fait par un grand nombre d'expériences qui ont été répétées par tous les physiciens, principalement par *Beaumé*. La raison de ce phénomène n'est point difficile à concevoir, puisque l'évaporation ne se fait que par le moyen du calorique qui se combine avec les corps qui s'évaporent, et qui est emporté avec eux.

c Une troisième cause du refroidissement est le mélange des sels avec de la neige ou de la glace pilée. On produit par ce procédé des froids excessifs, et néanmoins le sel fait fondre la glace.

La cause de ce phénomène singulier paroît toujours dépendre de la grande quantité de calorique que la glace exige pour fondre ; elle en

dépouille tous les corps environnans, ce qui produit ces violens degrés de froid. Mais il reste à rechercher pourquoi la glace fond par l'intermède des substances salines ; il est vraisemblable que c'est parce que ces substances ont une activité analogue à celle du calorique.

Tous les faits que nous venons de rapporter prouvent qu'on produit du froid par tous les moyens qui absorbent du calorique ; tandis qu'on a de la chaleur dans tous les procédés qui dégagent du calorique, ou l'accumulent sur les corps.

DE LA CHALEUR A LA SURFACE DU GLOBE TERRESTRE, ET DE SA CHALEUR CENTRALE.

§. 749. Nous verrons que la figure du globe terrestre, conforme à la théorie des forces centrales, suppose qu'il a été liquide dans son origine.

La cristallisation de toutes les substances minérales qui le composent, suppose la même liquidité.

Or cette liquidité n'a pu exister sans une chaleur quelconque ; il a donc pu y avoir primitivement une assez grande chaleur pour tenir à un état de fluidité tous les élémens, particulièrement l'eau.

C'est cette chaleur primitive qui est l'origine de

la chaleur centrale du globe terrestre. Voilà le principe certain ; mais il faut en examiner les développemens.

La première question qui se présente est de savoir quelle est la cause de cette chaleur.

Elle doit tenir aux combinaisons premières de la matière, qui, si elles n'avoient eu dans le principe une chaleur quelconque, seroient demeurées dans l'inertie ; car elles tendent sans cesse à se combiner, et se combinent dès qu'elles sont abandonnées à leurs forces propres. Le calorique, dont l'activité et la force de répulsion sont prodigieuses, empêche ces combinaisons, tient l'eau, et la plupart des autres fluides à l'état de liquidité, et entretient le mouvement dans toute la nature.... On ne sauroit donc douter que, lors de la première formation des globes, et du nôtre en particulier, toutes les parties qui les composent, n'eussent un degré quelconque de chaleur.

Il s'offre maintenant plusieurs propositions intéressantes à examiner.

1°. Quelle a été l'intensité de la chaleur primitive du globe terrestre lors de sa cristallisation ?

2°. Quelle est la chaleur actuelle à la surface du globe ?

3°. Quelle est l'intensité actuelle de la chaleur centrale du globe ?

4°. Quelle est l'influence du soleil sur la chaleur du globe, soit à sa surface, soit à l'intérieur ?

5°. Quel est le refroidissement du globe ?

De l'intensité de la chaleur primitive du globe terrestre lors de sa cristallisation.

§. 750. Il n'est point de données suffisantes pour résoudre cette question ; nous ne pouvons donc apporter que quelques apperçus généraux.

Les plus anciens philosophes ont reconnu que notre globe avoit eu primitivement un grand degré de chaleur. C'étoit la doctrine des Brames et des Mages. Les Phéniciens l'adoptèrent. Zoroastre en Asie, et toute l'école du Portique en Grèce, la soutinrent constamment. Quelques-uns d'eux prétendirent même que la terre avoit été autrefois dans un état de vraie combustion. Cette dernière idée ne fut pas adoptée par les Égyptiens, ni par un grand nombre d'autres philosophes ; mais ils supposoient que le globe avoit été primitivement couvert d'eau à l'état de liquidité, ce qui n'avoit pu avoir lieu sans un degré de chaleur quelconque.

Mais en supposant que, primitivement, le globe terrestre ait été composé à-peu-près comme il l'est aujourd'hui, peut-on assigner le degré de

chaleur qu'il pouvoit avoir lors de sa cristallisation générale ?

Je ne le pense pas ; nous pouvons seulement assurer que cette chaleur étoit plus considérable qu'aujourd'hui. J'ai supposé qu'elle étoit supérieure à celle de l'eau bouillante, et on verra bientôt que cette estimation n'est pas trop forte.

De l'intensité actuelle de la chaleur à la surface du globe terrestre.

§. 751. CETTE chaleur varie à raison des latitudes, des saisons, des montagnes, des plaines.... Il faut donc prendre des termes moyens pour avoir par approximation la chaleur actuelle à la surface de la terre ; mais les observations thermométriques ne sont pas encore assez multipliées pour que ces approximations aient une certaine exactitude.

§. 752. *MAIRAN* ayant comparé les diverses observations thermométriques faites en différens lieux, en a conclu que, dans tous les climats de la terre, le *maximum* moyen de la chaleur est de 1026°; il supposoit que 1000° exprimoit zéro, ou le terme de la congélation. Ce résultat d'observations prises depuis 1701 jusqu'en 1756, paroît avoir une certaine exactitude. Il faut faire

attention que ces observations ont été faites dans des plaines.

La chaleur moyenne des lieux élevés n'est pas la même que celle des plaines, et il n'est pas aisé de la déterminer.

Mais il est encore plus difficile d'assigner le degré de froid moyen, parce qu'il varie à chaque latitude. Le froid moyen du Sénégal est bien différent de celui de nos contrées; et celui de nos contrées diffère de celui de Sibérie ou de Spitzberg.

Il fixa également le froid moyen de Paris à 6 ou 7° au-dessous de zéro, ou 994°; de nouvelles observations paroissent le déterminer à 7° au-dessous de zéro.

Mais le froid moyen de la Lombardie, par exemple, n'est pas le même que celui de Paris. Celui de Stockholm n'en diffère pas moins; c'est ce que constatent les observations météorologiques. Je vais en rapporter quelques-unes, extraites de la météorologie de *Cotte*.

Table de la température de différens lieux.

	Latitude.	Maxim. de chal.	Chaleur moyenne.	Froid moyen.	Baromètre.
Pérou.	0° 13'.	26° 1'.	20°.	7° 5'.	28 po.
Surinam.	5 38.	25 8.	20.	17.	27.
Pondichéry.	11 41.	31 3.	23 7'.		
Madrass.	15 45.	32.	21 6.	13 8.	27 9.
Manille.	14 36.	35.	21 3.	13 5.	
Ile Bourbon.	20 51.	26 1.	22 5.	22.	
Bagdad.	33 38.	35 5.	17 7.	— 4.	
Pékin.	39 54.	31.	10 1.	—10 6.	27 10.
New-York.	40 43.	31.	9 7.	—16.	27 2.
Rome.	41 53.	26 4.			
Berne.	47.	25 6.	7 7.	—11.	26 4.
Utrecht.	52 7.	25.		— 5 8.	
Franeker.	53 12.	25 3.	9.	—11 5.	28.
Stockholm.	59 20.	24.	5 3.	—15 1.	
Upsal.	59 51.	18.		—20.	
Pétersbourg.	59 56.	23 4.	3 1.	—21 8.	28 7.
Abo.	60 21.	27 4.	4 5.	—23 9.	27 10.
Londres.	51 31.	23 4.	8 6.	— 5 6.	27 10.
Paris.	48 50.	27.	9 6.	— 7.	28.

§. 753. *KIRWAN* a donné également des tables de température de différentes villes (1).

	Latitude.	Chaleur moyenne.
Wadso en Laponie.	70° 5′.	1° 77′.
Abo.	60 27.	3 55.
Pétersbourg.	59 56.	3 1.
Upsal.	59 51.	4 36.
Stockholm.	59 20.	4 62.
Solymshamski.	59.	1 85.
Edimbourg.	55 57.	6 97.
Franeker.	53.	9 15.
Berlin.	52 32.	7 15.
Lyndon.	52 30.	7 11.
Leyde.	52 10.	8 99.
Londres.	51 31.	8 84.
Dunkerque.	51 2.	10 17.
Manheim.	49 27.	8 66.
Rouen.	49 26.	8 44.
Ratisbonne.	48 56.	7 68.
Paris.	48 50.	9 88.
Troyes.	48 18.	9 37.
Vienne.	43 12.	8 67.
Dijon.	47 19.	9 23.
Nantes.	47 13.	9 45.
Poitiers.	46 39.	9 6.
Lausanne.	46 31.	7 51.
Padoue.	45 23.	8 96.
Rodez en Guyenne.	45 21.	9 28.
Bordeaux.	44 50.	11 37.
Montpellier.	43 36.	12 82.
Marseille.	43 19.	13 23.

(1) *Température des différens degrés de latitude*, p. 179, trad. franç.

	Latitude.	Chaleur moyenne.
Mont-Louis dans le Roussillon.	2°.	5° 55′.
Cambridge dans la Nouvelle-Angleterre.	42 25′.	8 13.
Philadelphie.	39 56.	9 11.
Pékin.	39 54.	10 44.
Alger.	36 49.	17 77.
Le grand Caire.	30.	18 22.
Canton.	23.	19 15.
Tivoli à S.-Domingue.	17.	18 66.
Spanisthown à la Jamaïque.	18 15.	21 77.
Manille.	14 36.	20 61.
Le fort Saint-George.	13.	21 9.
Pondichéry.	12.	24 88.
	Latitude méridionale.	
Iles Falkland.	51.	6 84.
Quito.	0 13.	13 33.

§. 754. Le même physicien a cherché à déterminer par des équations algébriques ces différentes températures (1).

« Supposant, dit-il, que la température annuelle » soit au plus haut degré sous l'équateur, et qu'au » contraire elle soit au plus bas degré sous les poles, » si la température de l'équateur est représentée » par m, la température du pole arctique sera » $m - n$; et désignant toute autre latitude par φ,

(1) *Ibid.* pag. 28, trad. franç.

» la température de cette latitude sera $m - n$ » $\sin \varphi^2$.

» Or, d'excellentes observations nous apprennent que la moyenne température annuelle du » 40e degré est 13,33, et que la température du » 50e degré est 9,28. Tenant compte de ces deux » quantités sur m et sur n, la moyenne température annuelle de l'équateur et des poles peut être » déterminée; car le quarré du sinus de 40 est » 0,41, et le quarré du sinus de 50 est 0,58. L'un » et l'autre de ces quarrés sont assez approchés » pour le cas présent.

» Alors $m - 0{,}41\ n = 13{,}33$,

» Et $m - 0{,}58\ n = 9{,}28$;

» Donc $13{,}33 \times 0{,}41\ n = 9{,}28 \times 0{,}58\ n$.

» De-là on peut déduire aisément la valeur de n, » que l'on trouve être 13, 50 environ. La valeur » de m dans la première équation est est 23,11; » donc la moyenne température de l'équateur est » 23,11, et celle du pole est est — 0,44 en nombres » entiers ».

» Nous ferons les remarques suivantes, relativement à la température annuelle.

» 1°. La température varie fort peu à 10 degrés » du pole, et elle est toujours la même à 10 degrés » de l'équateur.

» 2°. Les températures des diverses années diffèrent très-peu entre elles proche de l'équateur;

» mais elles diffèrent de plus en plus, à mesure que » les latitudes approchent du pole.

» 3°. On voit rarement de la glace au-dessous du » 35e degré de latitude, à moins que ce ne soit dans » un lieu très-élevé ; et on a rarement de la grêle » au-dessus du 60e degré de latitude.

» 4°. Il dégèle ordinairement entre le 35 et le » 60e degré de latitude dans les pays qui bordent » la mer, lorsque le soleil est élevé de 40 degrés ; » et il gèle rarement, jusqu'à ce que le soleil soit » au-dessous de 40 degrés ».

On ne doit néanmoins regarder toutes ces estimations que comme des approximations, qui, sans doute, sont bien éloignées de la précision. Les observateurs n'ont pas tous apporté les mêmes soins dans leurs travaux ; d'ailleurs, ils n'ont pas toujours eu de bons instrumens..... Néanmoins cherchons à tirer des conséquences de tous ces faits.

§. 755. Il faut sur-tout bien distinguer les observations faites dans les plaines, de celles qui se font dans les lieux élevés.

I. Dans les pays situés sous la zone torride, le thermomètre ne descend guère au-dessous de 14°, comme nous le voyons par les tables. A Madrass, à Manille, pays des plus chauds du globe, il a été à 13° 5′.

Cazan, à Sainte-Lucie, n'a pas vu le thermomètre, depuis le 15 septembre jusqu'au 15 avril, au-dessous de 16 $\frac{1}{5}$, et c'étoit au mois de février. Il est monté dans d'autres temps jusqu'à 28 et 30° (1).

La température moyenne de ces lieux, dans la table, est fixée à 23°, 22°, 20°, jusqu'à la latitude de 20°.

Je la supposerai de 20° depuis l'équateur jusqu'aux tropiques, ou plutôt jusqu'à la latitude de 24°, pour éviter les fractions.

II. Par les 40 degrés, il ne gèle presque jamais dans les plaines, et les chaleurs montent jusqu'à 30 degrés.

On peut donc supposer que, depuis la latitude de 24 degrés jusqu'à celle de 40, la température moyenne est de 15 degrés dans la plaine.

III. Depuis 40 degrés de latitude jusqu'à 50, on peut supposer la température moyenne de 12°, puisqu'à Paris, dont la latitude est de 48° 50′, cette température est de 10 degrés. Cette estimation est aussi pour la plaine.

IV. Depuis la latitude de 50 degrés jusqu'au cercle polaire, ou plutôt 66° de latitude, la température moyenne sera fort au-dessous de 10 degrés; car, à 60 et 65 degrés de latitude, l'été ne

(1) Journ. de Phys. mai 1790.

dure que quelques mois. Supposons-le de trois mois; les autres neuf mois sont très-froids. Le thermomètre y descend quelquefois à plus de 30 degrés au-dessous de zéro, et le mercure s'y congèle. On peut donc supposer la température moyenne de ces contrées, à 4 degrés au-dessus de zéro dans la plaine.

V. Depuis le cercle polaire jusqu'aux poles, la température est encore plus froide. On n'a point de données certaines; mais on ne risque pas de se tromper, en supposant dans la plaine la température moyenne à zéro.

Voilà donc cinq degrés de température différens.

1°. La zone torride comprenant 48 degrés de latitude, entre les deux tropiques, dont la température moyenne est de 20°.

2°. Deux parties de zone tempérée de 16° chacune; savoir, depuis le 24e degré de latitude jusqu'à 40, faisant 32°, dont la température moyenne est de 15°.

3°. Deux autres portions de la zone tempérée de 10 degrés chacune, depuis 40 degrés de latitude jusqu'à 50, faisant 20 degrés, dont la température moyenne est de 12°.

4°. Deux autres portions de zone tempérée, depuis 50 degrés de latitude jusqu'à 66°, dont la température moyenne est de 4 degrés.

5°. Les deux zones glaciales faisant 48 degrés; dont la température moyenne est de zéro.

Les étendues ou surfaces de ces cinq portions sont à-peu-près dans les proportions suivantes :

La première est,	10220 =	10.
La seconde,	5832 =	6.
La troisième,	3096 =	3.
La quatrième,	3724 =	4.
La cinquième,	2172 =	2.
TOTAL,		25.

En multipliant les degrés de chaleur qu'a chacune de ces parties, on aura 342, qui, divisés par 25, donnent $13\frac{2}{5}$ pour température moyenne des plaines de tous les continens.

La température des montagnes est beaucoup plus froide que celle des plaines. Il faudroit pouvoir estimer la température moyenne de ces montagnes dans chacune des cinq contrées que nous avons assignées; mais il est difficile d'avoir des approximations exactes.

La température des montagnes varie à raison de leur hauteur, à raison de leur masse..... Or, comment saisir des approximations exactes dans de pareilles données ?

L'étendue des montagnes est un autre élément à calculer; or, il est assez difficile d'assigner cette

étendue par une approximation qui ait quelque justesse.

En Amérique, les montagnes sont peut-être un tiers de la surface des continens; elles sont très-élevées, couvertes de forêts dans leurs parties basses, et de neiges dans les parties élevées, remplies de lacs et de rivières. On pourroit donc supposer leur température moyenne de 3 à 4 degrés au-dessous de celle des plaines.

En Afrique, les montagnes sont peu considérables relativement aux plaines; et elles sont moins élevées proportionnellement que dans les autres continens, moins garnies de forêts, contenant moins de lacs, moins d'eaux courantes..... Leur température moyenne ne sera donc pas autant au-dessous de celle des plaines qu'en Amérique.

L'Asie contient d'immenses montagnes, très-élevées, bien boisées, renfermant des lacs considérables.... Leur température moyenne sera donc beaucoup au-dessous de celle des plaines.

L'Europe a beaucoup de montagnes, dont quelques-unes sont assez élevées et très-froides.

Les autres continens et les îles sont très-montueux, et leurs montagnes sont très-froides.

Par un apperçu général, je supposerai que cette température moyenne des montagnes, relativement à celle des plaines, doit produire une dimi-

nution de plus de deux degrés dans la température moyenne des continens, laquelle par conséquent, de 13° $\frac{2}{5}$, sera réduite à 11 $\frac{2}{5}$ degrés, et vraisemblablement même elle est moindre. Je la supposerai de 11 degrés.

§. 756. MAIS la température moyenne de la surface des mers et des lacs sera bien inférieure à celle des continens. Nous n'avons pas assez d'observations pour avoir une approximation qui ait quelque certitude. Voici cependant quelques observations sur lesquelles il paroît qu'on peut compter.

Forster rapporte que, par 55° latitude sud, le 15 décembre 1772, le thermomètre, à la surface de l'eau, donnoit à 1°.

Phipps et *Irving*, par les latitudes de 79° 50′ nord, au mois d'août, trouvèrent la température de la surface de la mer, de 10°.

Voici les résultats qu'a donnés *Kirwan* de la température à la surface de la mer.

Latitude.	Mois.	Temśérature à la surface.
70°.	12 mai.	1° 7.
	17	2 2.
	9 juin.	5 3.
	7 juillet.	6 2.
68.	8 juillet.	6 6.
65.	9 juillet.	7 1.

Latitude.	Mois.	Température à la surface
	10 juillet.	8° 8.
27°.	3 janvier.	14 2.
0.		23

Raymond (1) a trouvé la température de la surface de la Méditerranée, à 7° environ en hiver, et en été elle alloit jusqu'à 16 et 17° dans les environs de Marseille. Il ajoute : « La latitude de la » température de la mer est donc, près la côte, $\frac{1}{5}$ de » celle de la terre ; car celle-ci se refroidit, dans » certains jours, jusqu'à — 8, et s'échauffe en » été jusqu'à + 60°.... La moindre chaleur de la » mer fut trouvée + 6° un des jours les plus froids, » et + 20° un jour des plus chauds ».

Saussure et *Pictet* ont trouvé la température de la surface du lac de Genève, de 4° $\frac{1}{2}$, le 17 février.

La température de la surface du même lac, au 5 août, étoit de 17°.

On voit par ces observations que la température de la surface des eaux est plus haute en hiver que celle de la surface des continens.

Mais en été elle est moins considérable.

Il faudroit avoir assez d'observations pour prendre un terme moyen, comme nous avons fait pour les continens : mais nous ne le pouvons pas.

(1) Mém. de la Société de Médecine de Paris, 1778.

On peut seulement assurer que cette température est inférieure à celle de la surface des continens à même latitude. Nous avons vu que *Raymond* la suppose $\frac{1}{5}$ de celle de la terre auprès de Marseille. Si nous supposons la chaleur moyenne, à Marseille, de 13° $\frac{1}{2}$, suivant les tables, il s'ensuivroit que la chaleur moyenne des eaux de la surface de la mer y seroit environ de 10°.

Sous l'équateur, et entre les tropiques, cette différence paroît plus considérable en moins, et je la supposerai au moins d'un quart. Ainsi, la chaleur moyenne de la surface de la terre y étant 20°, celle des eaux de la surface de la mer y seroit 15°.

Mais dans les latitudes boréales, la chaleur moyenne des eaux de la surface de la mer est peut-être égale à celle de la surface de la terre.

Par un apperçu général, je supposerai la température moyenne de la surface des eaux, être à-peu-près les deux tiers de celle des continens, c'est-à-dire environ 7 degrés.

De l'intensité actuelle de la chaleur centrale du globe terrestre.

§. 757. Pour résoudre cette question, il faudroit pénétrer à une grande profondeur vers le centre de la terre ; et les lieux les plus bas où nous ayons descendu, ne sont qu'à quelques centaines de toises. Cette température ne peut donner celle

de la masse entière; cependant elle nous fournira des données précieuses.

L'observation la plus intéressante que nous ayons, est celle que l'on fait depuis 1680 dans les caves ou galeries souterraines de l'Observatoire de Paris, à 84 pieds de profondeur, dans des bancs de pierre calcaire. Le local forme une petite élévation, terminée à l'orient par la vallée où coule la rivière des Gobelins; au nord, par la vallée de la Seine. Au couchant, elle s'abaisse du côté des Invalides; et au midi, elle est à-peu-près de niveau avec la plaine de Mont-Rouge. On a reconnu que le thermomètre ne varioit presque pas dans ces souterrains, et se soutenoit toujours à environ 10 degrés au-dessus du terme de la congélation, ou 9° 6′.

Gensane avoit cru remarquer que la chaleur souterraine augmentoit en raison de la profondeur du lieu où se faisoit l'observation. Etant dans les Vosges, il descendit dans les mines de Giromagni. Le thermomètre, à la surface du terrein, marquoit 2 degrés;

A 52 toises, il monta à 10°;

A 106 toises, il monta à 15° $\frac{1}{4}$;

A 226 toises, il s'éleva à 18 $\frac{1}{2}$.

Mais, soit que ses instrumens fussent inexacts, soit qu'il se fût glissé quelque erreur dans l'observation, soit que ce fait fût particulier à cette

mine, on n'a rien observé de semblable dans les autres souterreins.

Guettard est descendu à 250 toises de profondeur dans les mines de sel de Wielisca, en Pologne. Il a observé que le thermomètre ne s'élevoit que de 10 degrés.

Monnet n'a également trouvé que 10 degrés dans les mines de Joachimstad, en Bohême, à 289 toises de profondeur.

Deluc, aux mines du Hartz, à 169 toises, a trouvé la température de 10° $\frac{1}{9}$; mais dans un autre puits, à 170 toises de profondeur, le thermomètre s'éleva à 12 degrés.

Saussure trouva la température du fond de la grotte de la Balme un peu au-dessus de 9 degrés et demi.

Toutes les observations faites dans d'autres souterrains donnent constamment des résultats analogues à ceux-ci.

Il paroît donc, d'après tous ces faits, qu'à notre latitude d'environ 40 à 50 degrés, la température y est toujours à-peu-près de 10 à 12 degrés. Les petites variations qu'on observe dépendent plutôt de la nature des substances qu'on rencontre, que de la profondeur du lieu.

Lorsqu'on rencontre de l'eau, la température est plus froide.

Elle est plus douce dans les mines de charbon,

Saussure, dans les salines de Bex, à la profondeur de 677 pieds, observa que le thermomètre étoit à 13,9 degrés.

A la profondeur de 664 pieds, le thermomètre marquoit 12,5 degrés.

A la profondeur de 332, le thermomètre marquoit 11,5 degrés.

Mais dans ces salines on y trouve du soufre et du gaz hépatique. Ce gaz paroît dû à la décomposition des pyrites; et cette décomposition est toujours accompagnée de chaleur (1).

Ce sera la décomposition de ces pyrites, dans ces mines comme dans celles de charbon, qui fera monter le thermomètre, et donnera une température plus douce.

Nous pouvons donc conclure de tous ces faits, qu'à notre latitude de 40 à 50 degrés, la chaleur intérieure des couches, depuis 100 pieds de profondeur jusqu'à 4 à 500 toises, est environ de 10 degrés au-dessus de zéro.

Il ne seroit pas moins intéressant d'avoir la température intérieure des pays situés sous la zone torride d'un côté, et sous les zônes glaciales de

(1) *Scheuzer* rapporte qu'ayant fait sauter un rocher dans ces mines, il s'en dégagea un fluide qui s'enflamma à la lampe d'un ouvrier, et le brûla. C'étoit sans doute ce gaz. (*Acad. des sciences de Paris, an 1712.*)

l'autre. Mais nous manquons absolument d'observations à cet égard.

§. 758. On a également cherché à déterminer la température qui règne au fond des eaux ; mais nous avons peu d'observations.

Marsigli a fait beaucoup d'expériences pour cet objet dans la Méditerranée. Il plongea un thermomètre à 10, 20, 30, 120 brasses au mois de décembre, janvier, février, mars et avril. Il trouva toujours 10 $\frac{1}{2}$ et 10 $\frac{1}{4}$; mais, au mois de juin, il ne trouva plus que 6 à 7 degrés.

Raymond les a répétées dans les eaux de la Méditerranée auprès de Marseille ; il ne l'a jamais vu au-dessous de 6 à 7 degrés. La moindre chaleur de la mer s'est trouvée de 6 degrés un des jours les plus froids, et de 20 degrés un des jours les plus chauds.

Saussure a fait, au mois d'octobre, plusieurs observations sur la température des eaux de la Méditerranée auprès de Nice, à une profondeur considérable, et qui alloit jusqu'à 1800 pieds. Il a toujours trouvé environ 10 degrés. « On peut » donc regarder comme un fait certain, ajoute-» t-il, que dans le golfe de Gènes, la tempé-» rature des eaux à une grande profondeur s'é-» loigne infiniment peu de 10,6° ». (*Voyages*, §. *1393*.)

Forster a fait plusieurs observations sur la température des eaux de l'Océan.

Epoques.	Latitude.	THERMOMÈTRE FAHRENHEIT. A l'air.	A la surface de la mer.	Dans la mer.	Profondeur en brasses.	Temps de l'immersion.
1772.	Boréale.					
5 septemb.	0° 52′ n.	$75\frac{1}{2}$°.	70°.	66°.	86.	30′.
	Australe.					
27.	24 44.	$72\frac{1}{2}$.	70.	68.	80.	15.
12 octobre.	34 48.	60.	59.	38.	100.	20.
15 décemb.	55.	$30\frac{1}{2}$.	30.	34.	100.	17.
23.	55 26.	33.	32.	$34\frac{1}{2}$.	100.	16.
1773.						
13 janvier.	64.	37.	$33\frac{1}{2}$.	32.	100.	20.

« Il paroît par cette table, ajoute-t-il, que » sous la ligne, et près des tropiques, l'eau est plus » froide à une grande profondeur qu'à la surface » dans les hautes latitudes: l'air est quelquefois plus » froid, quelquefois d'une température égale, et » quelquefois plus chaud que l'eau de la mer à la » profondeur d'environ 100 brasses ». (*Pag.* 52, *tom. V du second Voyage de Cook.*)

Phipps, dans ses voyages au pole boréal, rapporte des observations précieuses sur la température des eaux de ces mers, qu'il fit avec le docteur *Irwing* à la latitude de 79° 50'.

Un thermomètre plongé dans de l'eau puisée à 683 brasses, donnoit 40 degrés, thermomètre de *Farenheit* (4° *Réaumur*).

Plongé dans de l'eau prise à la surface de la mer, il dônnoit 55° de *Farenheit* (10° *Réaumur*).

Le thermomètre à l'air donnoit 66° *Fareinheit* (15° *Réaumur*).

Voici une table des expériences qu'ils firent dans le sein de la mer.

La première colonne indique la saison.

La seconde la profondeur des brasses (la brasse est 5 ½ pieds).

La troisième donne la température de la mer, déterminée par le thermomètre.

La quatrième donne la correction du thermomètre, que nécessite la compression que lui fait éprouver le poids de la colonne d'eau.

La cinquième donne la température des eaux de la mer à une plus grande profondeur, à environ mille toises.

Saison.	Jours.	Profondeur en brasses.	Tempéra-ture donnée par le ther-momètre.	Températ. corrigée par rapport à la compression.	Températ. à une plus grande pro-fondeur.	Températ. de l'air ex-térieur.
Juin,	20.	780.	15°.	11°.	26°.	$48\frac{1}{2}$°.
Matin,	30.	118.	30.	1.	31.	$40\frac{1}{2}$.
Soir,	30.	115.	33.	0.	3.3	$44\frac{3}{4}$.
Août,	31.	673.	22.	10.	32.	$59\frac{1}{2}$.

On voit par la quatrième colonne, qu'à une profondeur d'environ 700 brasses, la température des eaux de la mer étoit à-peu-près à 10° *Farenheit* ou — 9 *Réaumur*, tandis que la température extérieure étoit à-peu-près à 11° de *Réaumur*.

Et à une profondeur de mille toises elle est à-peu-près à zéro.

Mais le *maximum* du froid est à la profondeur de cent et quelques toises. C'est celle de la surface de l'eau qui se précipite et qui n'a pas encore le temps de se mélanger avec l'eau inférieure qui est moins froide.

Forster rapporte que, par 55° latitude sud, le 15 décembre 1792, le thermomètre plongé à cent brasses ou 550 pieds, marquoit 34° *Farenheit*, ou $\frac{8}{9}$ *Réaumur*; et un autre à la surface de l'eau marquoit 30° *Farenheit* ou — $\frac{8}{9}$ *Réaumur*.

Ellis eut des résultats analogues dans les observations qu'il fit dans les mers d'Afrique. « La » chaleur diminuoit, dit-il, à mesure qu'on des- » cendoit ; mais lorsqu'on fut arrivé à environ » 650 brasses, la chaleur augmentant, elle étoit » de 53° *Farenheit* ou 9° *Réaumur*. Elle étoit » encore la même à mille toises de profon- » deur ».

Kirwan a donné des tables de la chaleur des eaux de la mer à différentes latitudes et à différentes profondeurs.

Latitude.	Mois.	Profondeur.	Chaleur à cette profondeur.	Chaleur à la surface.
70°.	12 mai.	471 p.	3,1.	1,7.
	17 mai.	505.	3,1.	2,2.
	9 juin.	523.	3,5.	5,3.
	7 juillet.	394.	5,3.	6,2.
68.	8 juillet.	1463.	8,8.	6,6.
65.	9 juillet.	1201.	7,1.	7,1.
	10 juillet.	803.	5,7.	8,8.
27.	3 janvier.	506.	11,5.	14,2.
0.		{ 5377. 4916. }	8,4.	23.
67.	Juin.	4391.	2,66.	
78.	Juin.	664.	0,44.	
69.	Août.	3788.	0.	
0.	Septembre.	478.	15,11.	18,66.
24.		450.	16,88.	16,88.
34 44.	Octobre.	662.	11,11.	12.
57 11.	8 janvier.	5.	3,55.	2,22.
	10 janvier.	46.	5,15.	5,15.
55 40.		103.	8,66.	5,55.
39 30.		103.	12.	12.
2 55.	Février.	54.	21,77.	21,77.
2 50.		103.	21,77.	23,33.

Nous ne dissimulerons pas que toutes ces observations ont besoin d'être répétées.

§. 759. *Saussure* et *Pictet* ont fait dans les grands lacs de la Suisse des expériences sur l'exactitude desquelles on peut compter.

Le 12 février 1779, la température extérieure étant de $2^{\circ}\frac{1}{4}$, ils plongèrent des thermomètres dans le lac de Genève à la profondeur de 950 pieds: après les y avoir laissé séjourner plusieurs heures, ils les retirèrent. Ils marquoient $4^{\circ}\frac{1}{10}$ et $4^{\circ}\frac{5}{10}$.

La surface de l'eau donnoit $4^{\circ}\frac{1}{2}$; et même jusqu'à la profondeur de cent et quelques pieds, on avoit $4^{\circ}\frac{1}{2}$.

Le terrein voisin du lac donnoit zéro.

Ainsi, la température du lac étoit $4^{\circ}\frac{1}{2}$ moins froide que la surface de la terre, et $5^{\circ}\frac{1}{4}$ plus froide que les caves de l'observatoire de Paris.

Le 17 juillet 1779, ils plongèrent dans le lac de Neufchâtel, à la profondeur de 325 pieds, deux thermomètres, l'un au mercure, et l'autre à l'esprit-de-vin.

Retirés après plusieurs heures, le thermomètre au mercure marquoit 4 degrés,

Et celui à l'esprit-de-vin $4^{\circ}\frac{5}{10}$.

La température de l'eau, à la surface du lac, étoit de $18^{\circ}\frac{1}{5}$.

La température de l'air extérieur étoit de $19^{\circ}\frac{1}{5}$.

« Voilà donc, dit *Saussure* (*Voyages dans les » Alpes*, §. 397), la température du fond du lac » de Neufchâtel, au 17 juillet, la même que celle » du lac de Genève au 12 février, et il ne faut pas » croire que ce soit un phénomène particulier au » lac de Neufchâtel; car les expériences que j'ai » faites régulièrement de mois en mois sur la tem- » pérature du lac de Genève, prouvent que, même » à une profondeur qui n'excède pas 150 pieds, il » n'y a pas eu de changement sensible ».

Ces expériences se rapportent jusqu'à un certain point avec celles que l'on a faites sur les eaux des mers.

§. 760. Les observations que nous venons de rapporter ne sont point assez multipliées pour nous donner la température moyenne des eaux de la mer et des lacs à une certaine profondeur; néanmoins nous allons tâcher de présenter quelques résultats.

1°. La température des eaux des mers varie sans cesse à d'assez grandes profondeurs. Nous voyons dans les tables la température être de 0, 44 à 78° de latitude et à la profondeur de 664 pieds; tandis qu'à la latitude de 70° et à la profondeur de 500°, la température étoit seulement de 3, 1.

2°. En hiver, la température de la surface des eaux des mers est plus froide que celle de l'in-

térieur de ces mers, à une certaine profondeur, comme de cent toises et au-dessous.

3°. En été, la température de cette même surface est plus haute que celle de l'intérieur des mers à une certaine profondeur.

Par conséquent, la température de la surface des mers sous l'équateur est toujours plus haute que celle de l'intérieur des eaux de ces mêmes mers.

4°. En général, la température des eaux des mers paroît être de plusieurs degrés au-dessous de celle des continens dans les pays chauds. Nous voyons dans les tables que la plus haute température des eaux sous l'équateur a été de 23°; tandis que sur les continens elle va au-dessus de 30°, et même jusqu'à 60 et 70°.

Mais, dans les zones glaciales, cette température de l'intérieur des mers est moins froide que celle des continens; car le froid des continens fait souvent congeler le mercure, et même va bien plus haut, ce que ne feroient pas les eaux de la mer.

Les eaux des mers et des grands lacs, à une certaine profondeur, dans les zones torride et tempérée, ont donc constamment une température plus froide que celle de l'intérieur des continens. C'est un fait qui paroît certain.

Cette température paroît être d'environ 4 à 5 degrés à notre latitude.

Mais, dans les mers vers les poles, la tempéra-

ture est plus froide, puisque *Forster* n'a trouvé qu'un degré à 600 brasses vers les 55° de latitude sud ; et *Phipps* a trouvé plusieurs degrés au-dessous de zéro à 80 degrés de latitude nord.

Les mers entre les tropiques ont une chaleur plus considérable. *Ellis* a observé qu'à une profondeur de 650 brasses le thermomètre marquoit 53° *Farenheit* ou 9° *Réaumur* ; mais à une moindre profondeur, la température étoit plus froide.

Nous avons vu que la température des eaux de la surface des mers est également inférieure à celle de la surface des continens.

Nous pouvons donc de tous ces faits tirer une conclusion générale :

Que la température des eaux des mers et des lacs, soit à leur surface, soit à leur intérieur, est inférieure à celle des continens situés à la même latitude.

§. 761. On peut, je crois, assigner la cause de ces phénomènes, d'après les connoissances que nous avons.

1°. Il est prouvé que la chaleur spécifique de l'eau est considérable, d'après l'expérience de *Black* qui, ayant mêlé une livre de glace à la température de zéro, et une livre d'eau à la température de 60 degrés, obtient deux livres d'eau

dont la température étoit zéro. Il faudra donc beaucoup de temps aux grandes masses d'eau, comme celles des mers et des lacs, pour changer de température.

2°. L'évaporation produit un froid plus ou moins vif en emportant une grande quantité de calorique. Or, l'évaporation est plus considérable sur les eaux que sur le continent, ce qui doit par conséquent leur enlever sans cesse de la chaleur.

3°. L'eau froide est plus pesante que celle qui a une plus grande chaleur. Si, dans une grande masse d'eau chaude, on verse une quantité considérable d'eau froide, on s'appercevra bientôt que celle-ci gagne le fond du vase, et que le thermomètre s'y soutiendra constamment plus bas que dans la partie supérieure du vase.

Nous pouvons donc supposer que la partie supérieure des eaux des mers et des lacs, dans la zone torride et une partie de la zone tempérée, a une plus grande chaleur que la partie supérieure des mêmes mers et des lacs dans les zones glaciales, et les parties des zones tempérées qui avoisinent celles-ci.

Que cette partie supérieure des eaux des mers, dans les zones glaciales, est en général plus froide que leurs parties inférieures qui touchent le fond de la mer.

Que par conséquent ces eaux supérieures doi-

vent sans cesse se précipiter, et chasser en haut celles qui touchent le fond de la mer, comme plus chaudes et plus légères.

Que la même chose a également lieu dans les mers des zones tempérées ; car la portion supérieure des eaux de ces mers n'a jamais ou presque jamais une température au-dessus de 10 degrés, et nous pouvons supposer que les eaux du fond des mers acquerroient cette température si elles étoient stagnantes, puisque c'est celle des continens. Mais elles n'arrivent jamais à ce degré, parce que ces eaux inférieures sont sans cesse repoussées en haut par les eaux supérieures, qui sont plus froides et par conséquent plus pesantes.

Quant aux mers de la zone torride, il est vrai que la température de leur surface est souvent au-dessus de 10 degrés; mais cette chaleur ne s'étend pas à une certaine profondeur ; car, à quelques toises au-dessous de cette surface, la température est en général au-dessous de 10 degrés.

§. 762. Nous devons tirer de ces faits deux conséquences.

La première est que les eaux des mers glaciales étant toujours plus froides que celles des mers des tropiques, elles doivent affluer sans cesse vers l'équateur, et repousser vers les poles celles qu'elles viennent remplacer, ce qui établira dans

les mers deux courans, l'un supérieur des poles à l'équateur, et l'autre inférieur de l'équateur vers les poles, comme nous le verrons ailleurs.

La seconde conséquence que nous présentent ces faits, est que le sol sur lequel reposent les eaux des mers doit avoir une température plus froide que les continens à même profondeur.

Nous avons vu qu'à notre latitude la chaleur centrale des continens à 80 pieds est environ de 10 degrés. Or, celle du fond des mers à cette même latitude, est bien inférieure; celle des lacs de Suisse n'est que de 4° suivant *Saussure* et *Pictet*, et toutes les observations faites dans nos mers prouvent qu'elle n'y est guère plus considérable : je la supposerai à 5°.

La chaleur des continens entre les tropiques, à la même profondeur de 80 à 100 pieds, doit être beaucoup au-dessus de 10 degrés; car, dans ces contrées, le thermomètre ne descend jamais à zéro, excepté dans quelques montagnes élevées. Il se soutient ordinairement à 10 au moins, et monte le plus souvent au-dessus, et d'une quantité très-considérable. Nous avons estimé la chaleur moyenne des plaines de ces contrées à 20 degrés; cette chaleur de la surface doit se communiquer aux couches inférieures, dont par conséquent la température à une certaine profondeur doit être au-dessus de 10 degrés.

La température des eaux des mers, dans ces contrées, est au-dessous de ce terme. Les fonds sur lesquels reposent ces mers prendront leur température, et en auront par conséquent une inférieure à celle des continens à la même profondeur.

D'après les expériences d'*Ellis*, nous pourrions estimer à 9° cette température des fonds de la mer à cette latitude; mais il faudroit multiplier ces observations.

Dans les zones glaciales les choses se passent différemment : la chaleur moyenne est, comme nous l'avons vu, beaucoup au-dessous de 10 degrés. Nous l'avons estimée par approximation à zéro; en supposant que la chaleur à la profondeur de 100 pieds jusqu'à 2 ou 300 toises fût, à une certaine époque, de 10 degrés comme à notre latitude, ces couches devront en communiquer sans cesse aux couches extérieures; ce qui les refroidira continuellement. Il paroît donc certain qu'à une petite profondeur la chaleur intérieure des continens à cette latitude, par exemple, au Groenland, au Spitzberg, est inférieure à celle des bassins du fond de la mer. Nous verrons qu'en Sibérie, à la latitude de 66 degrés, sur les bords du Vilhoui, le terrein, excepté à la surface, ne dégèle jamais, en été même, au-delà de la profondeur de 15 à 20 pouces.

Mais sans doute que cet état de congélation ne s'é-

tend pas bien loin, et qu'à une profondeur plus considérable, et que nous ignorons, la température intérieure de ces contrées doit être à-peu-près la même que celle des terreins qui sont situés sous l'équateur, parce que la chaleur doit nécessairement se mettre en équilibre dans toute la surface du globe, et que celle des contrées chaudes doit se communiquer aux régions froides.

La température des eaux des mers à cette latitude est difficile à déterminer faute d'observations. Il paroîtroit que celle des eaux, à une certaine profondeur, est tantôt au-dessus de zéro, tantôt au-dessous, d'après les observations du docteur *Irwing*. Nous la supposons donc à zéro : il se peut que, du côté du pole austral, où les mers paroissent couvertes de glaces la plus grande partie de l'année, cette température des mers soit beaucoup au-dessous de zéro.

On voit combien il nous faudroit d'observations pour avoir la température moyenne des eaux des mers. En attendant, je présente ici des résultats généraux, qui me paroissent assez conformes aux faits que nous avons.

La température des eaux au fond des mers, entre les tropiques, me paroît être de 9 degrés à-peu-près;

Et dans les mers glaciales elle me paroît être au-dessous de zéro.

D'où je conclurai que la température moyenne des eaux des mers est d'environ 6 à 7 degrés, c'est-à-dire, un peu plus que moitié au-dessous de celle des continens.

Je supposerai la température moyenne des continens être de 11°;

Et celle des mers être de 7°.

Ces résultats, d'ailleurs, s'accordent avec la masse des observations. Il paroît certain que le globe se refroidit.

D'un autre côté, il paroît aussi certain que la chaleur centrale moyenne est à-peu-près de 10 degrés.

Il faut donc que la chaleur moyenne de la surface totale du globe, celle des continens et celle des eaux soient au-dessous de 10 degrés.

Il est encore certain que la température moyenne des eaux est inférieure de plusieurs degrés à celle du continent; je ne crois donc pas que nous nous écartions beaucoup de la vérité en supposant la température moyenne de la surface des continens à 11 degrés, et celle de la surface des eaux à 7 degrés.

De l'influence du soleil sur la chaleur du globe terrestre, soit à sa surface, soit dans son intérieur.

§. 763. DEPUIS que l'esprit philosophique a porté de la précision dans toutes nos connoissances, on a soumis cette question à un nouvel examen. Les thermomètres comparables, et les observations multipliées qu'on fait journellement dans différentes contrées, nous ont fourni des moyens qu'on ne pouvoit avoir auparavant. Les voyages ont sur-tout beaucoup étendu nos connoissances à cet égard. Les anciens qui voyoient que plus on approchoit de l'équateur, plus grandes étoient les chaleurs, et que plus on avançoit vers les poles, plus rigoureux étoient les hivers, croyoient les régions polaires inhabitables par le froid, et la zone torride insoutenable par le chaud. Ils n'auroient pas commis cette erreur, si leurs voyageurs avoient été aussi entreprenans que les nôtres.

Plusieurs élémens concourent à faire varier d'une manière surprenante la température du globe. C'est au physicien à déterminer leur influence respective, pour parvenir à un résultat général.

§. 764. Le premier est la latitude. En général, le *maximum* de la chaleur est sous la ligne, et le *minimum* est aux poles. La température des lieux intermédiaires est proportionnelle à l'éloignement ou au rapprochement des poles.

Les plus grandes chaleurs observées sous la ligne, sont dans les sables brûlans de l'Afrique et de l'Inde. On dit avoir observé le thermomètre à 70° au-dessus de zéro, dans les plaines de l'Afrique.

Raymond l'a observé jusqu'à 60° dans les environs de Marseille.

Les pays les plus froids sont les zones glaciales; le mercure s'y congèle : *Pallas* l'a vu congelé à Krajanapol. Des observateurs assurent avoir vu à Jeniseïck en Sibérie, en 1738, le thermomètre à 70 degrés au-dessous de zéro; et on dit qu'à Terreo, le 5 janvier 1760, il étoit à 71° $\frac{1}{5}$.

En Sibérie, la terre gèle à plusieurs pieds de profondeur; le froid y est des plus excessifs.

« La terre ne dégèle jamais à une grande pro- » fondeur, sur les bords du Vilhoui, par les 66° de » latitude. Les rayons du soleil amollissent le sol à » deux aunes de profondeur (1) dans les places » sabloneuses élevées. Les vallons où le sol est

(1) L'aune de Russie est environ de 26 pouces de France.

» moitié sable, moitié argile, sont encore gelés à » la fin de l'été à une demi-aune de leur surface » (ou 13 pouces) ». *Pallas, Voyages, tome IV, page 133.* C'est ce qui conserve les chairs et les peaux des rhinocéros qu'on y trouve enfouis.

Le froid doit être encore plus considérable, à mesure qu'on descend sur les bords de la mer Glaciale.

Et sans doute, au Spitzberg, au Groënland, à la Nouvelle Zemble..... le terrein est gelé à de bien plus grandes profondeurs; et le froid y est encore plus vif. C'est ce que nous pouvons conjecturer, d'après le rapport des malheureux événemens de *Barentz*, qui fut obligé de passer l'hiver de 1594 à la Nouvelle Zemble.

§. 765. Le second élément, qui fait varier la température à la surface de la terre, est la différente élévation du soleil sur l'horison, et le séjour plus ou moins long qu'il y fait. C'est ce qui constitue la différence des saisons, dont nous calculerons bientôt l'influence.

L'élévation du lieu est un autre élément qui fait varier la température. La plus grande chaleur, toutes choses égales d'ailleurs, est toujours dans les lieux les plus proches du niveau de la mer, c'est-à-dire les plus bas.

Et le froid le plus âpre se fait sentir sur les montagnes les plus élevées.

A Lima, la chaleur est extrême.

Et à la même latitude, sur les hautes Cordilières, le froid est des plus piquans.

Au pied du Pic de Ténérife, il fait des chaleurs étouffantes; et le sommet de cette montagne est toujours couvert de neige.

Il est même un phénomène assez singulier. On a observé qu'en montant sur les glaciers dont sont couvertes ces hautes montagnes dans l'instant où le soleil les éclaire, on a le visage brûlé; et cependant le thermomètre ne s'y soutient qu'à quelques degrés au-dessus de zéro, même dans les endroits où il n'y a pas de glaces. C'est ce qu'ont observé tous ceux qui ont gravi sur les glaciers de la Suisse, particulièrement sur le Mont-Blanc.

§. 766. Les physiciens ont recherché les causes qui font varier d'une manière si surprenante la température dans la plaine et sur les montagnes; ils en ont assigné plusieurs.

1°. Une montagne doit être regardée comme une portion qui s'isole de la masse du globe, et s'élance dans les airs. Elle perdra donc plus de sa chaleur que le globe lui-même; et ce qui prouve toute l'activité de cette cause, c'est que le froid

augmente proportionnellement à mesure que la montagne est plus isolée. Quito est élevé de 1457 toises au-dessus du niveau de la mer; et cependant sa température est assez douce, parce qu'il est situé sur une grande masse de montagnes; au lieu qu'un pic isolé de la même élévation, seroit couvert de neiges la plus grande partie de l'année.

2°. Les rayons de lumière qui tombent sur un grouppe de montagnes, se dispersent en divergeant; au lieu qu'ils se concentrent dans la plaine, et y sont réfléchis de mille manières.

3°. L'atmosphère diminue de densité, à mesure qu'on s'éloigne de la surface de la terre.

Or, cette densité de l'air atmosphérique contribue beaucoup à l'augmentation de la chaleur.

a Plus il est dense, plus il s'échauffe; il retient par conséquent la chaleur plus long-temps. C'est pourquoi un air humide, dont la densité est augmentée par l'eau qu'il contient, s'échauffe beaucoup plus qu'un air sec, quoique plus lentement; mais une fois qu'il est échauffé, il produit une plus grande chaleur.

Lorsque l'air a peu de densité, il s'échauffe moins. Ainsi, à la hauteur où l'air aura moitié moins de densité qu'à la surface de la terre, il doit s'échauffer moitié moins par la même cause, toutes choses égales d'ailleurs.

b Mais l'air agit encore d'une autre manière

pour concentrer la chaleur. On sait qu'il n'est pas un bon conducteur du calorique; par conséquent, lorsqu'un corps contiendra beaucoup de calorique, l'air l'empêchera de se dissiper.

L'air agit de même relativement au fluide électrique; il en est un mauvais conducteur, et il le retient sur les corps, à la surface desquels il est accumulé.

Je pense donc que cette cause influera beaucoup sur la chaleur que concentre l'air atmosphérique : car il faut regarder le calorique comme le fluide électrique, cherchant toujours à se mettre en équilibre.

Saussure (1) rapporte une expérience qui peut donner des vues sur la chaleur concentrée à la surface de la terre. Il construisit une caisse de bois, dont l'intérieur étoit doublé de plaques de liége noirci par la chaleur, et épaisses d'un pouce. Il ferma cette caisse par trois glaces bien transparentes, posées les unes au-dessus des autres, en laissant entre elles un intervalle d'un pouce et demi. Ces glaces étoient à coulisse, et fermoient bien la boîte. Il la porta, le 16 juillet 1774, à la cime du Cramont, élevé de 1403 toises. La chaleur se concentra au point que le thermomètre s'éleva à 70 degrés dans le fond de la caisse, quoi-

(1) *Voyages*, §. 732.

qu'à l'extérieur la température ne fût que de cinq degrés.

Ducarla a répété ces expériences; et en mettant plusieurs cloches cylindriques dont le sommet étoit sphérique, les unes sur les autres, il obtint une chaleur assez grande pour fondre la cire.

Les couches de l'atmosphère peuvent donc produire le même effet que ces verres, et faire comme eux fonction de *condensateurs de la chaleur*.

4°. La densité du calorique lui-même, qui paroît plus grande proche la surface de la terre, et diminue à mesure qu'on s'élève, doit aussi augmenter la chaleur dans les plaines; car il en doit être du calorique comme du fluide électrique. Or, nous avons vu que l'activité du fluide électrique est proportionnelle à la densité de l'air dans lequel il se trouve. L'étincelle est très-vive, très-piquante, dans un air dense; elle y enflamme les corps combustibles, tandis qu'elle ne donne qu'une lumière diffuse dans un air raréfié.

5°. Peut-être la densité du fluide électrique, qui est plus grande à la surface de la terre, peut-elle aussi contribuer à l'augmentation de l'intensité du calorique, comme le fait la densité de l'air atmosphérique.

6°. Le fluide magnétique peut peut-être aussi y influer.

7°. Le fluide lumineux agit d'une manière plus spéciale sur le calorique. On a fait voir que cette action est en raison de la quantité du fluide lumineux, ou du mouvement d'oscillation qu'il reçoit. Ce mouvement d'oscillation est semblable à celui du calorique, dans l'instant qu'il produit la chaleur. Or, le fluide lumineux se meut avec difficulté dans l'air; plus l'air sera dense, plus sera violent ce mouvement d'oscillation, comme cela a lieu pour le fluide électrique. Ainsi les rayons du soleil produiront sur le calorique un effet qui sera proportionné à la densité de l'air atmosphérique.

Je crois que c'est une des causes les plus puissantes de la chaleur que produit la lumière.

8°. L'action des sels peut aussi modifier la température extérieure du sol.

Mussembroeck a beaucoup accordé à cette cause : il admettoit des parties frigorifiques, qu'il croyoit être de nature saline. Cette partie de son opinion est rejetée aujourd'hui : on ne croit pas qu'il y ait des parties frigorifiques.

Mais on ne peut nier qu'un mélange de sels avec de la glace pilée, de la neige, ou même de l'eau froide, n'augmente le froid. Or, nous connoissons beaucoup de terreins qui contiennent une grande quantité de substances salines, sur-tout du nitre, du sel marin, du sulfate de magnésie.... Ces sels

se mélangent avec la neige et la glace fondante; ils doivent donc augmenter prodigieusement le froid.

Il est vrai que cette cause se borneroit seulement à quelques contrées. Elle peut influer sur les froids de la Sibérie, remplie de différentes espèces de sels, sur-tout du sel marin et du sulfate de magnésie, et dont la température est beaucoup plus froide que ne comporte sa latitude. Car Tobolsk, Jeniseïck, sont moins avancés vers le nord, que Stockholm, Pétersbourg... et les froids néanmoins y sont plus considérables. Il est donc possible que ce froid soit en partie dû à la quantité de substances salines qui se trouvent dans ces régions, et qui, en se mêlant avec l'eau, la neige.... augmentent prodigieusement le froid, comme nous le faisons dans nos laboratoires.

9°. L'évaporation est une des causes qui peut produire le plus grand froid. On sait qu'en enveloppant un thermomètre d'une liqueur très-volatile, telle que l'éther, on le fait descendre à plusieurs degrés au-dessous de zéro.

Aux Indes, on se procure de la glace par évaporation. Voici le procédé qu'on emploie à Allahabad, à 25°$\frac{1}{2}$ de latitude boréale. Suivant *Baker* (1), « On fait des fosses de trente pieds carrés sur deux

(1) Journ. de Phys. mars 1777, page 226.

» de profondeur; on en garnit le fond d'une couche
» de canne à sucre ou de tiges sèches de bled
» d'Inde, à la hauteur d'environ huit pouces. On
» place sur cette couche de petites terrines basses,
» qu'on remplit d'eau que l'on a fait bouillir aupa-
» ravant. Ces terrines non vernissées n'ont qu'un
» pouce et quart de profondeur, et un quart de
» pouce d'épaisseur. La terre en est si poreuse,
» que l'eau pénètre leurs parois d'outre en outre.
» On place ces terrines à l'entrée de la nuit; et le
» lendemain, avant le lever du soleil, on trouve
» l'eau contenue dans les terrines, réduite en
» glace ».

Il est évident que cette congélation est dûe à l'évaporation de l'eau qui transsude à travers les terrines, et est absorbée par les plantes sèches, sur lesquelles ces terrines sont placées.

Les pluies produisent aussi des froids. Dans les grandes chaleurs d'été, la plus petite pluie rafraîchit l'air.

Sous les tropiques, dans les pays chauds, la saison des pluies est leur hiver.

Néanmoins, en hiver, dans les temps des grands froids, les pluies annoncent que la température devient douce, parce qu'autrement cette pluie se changeroit en neige.

10°. La nature du sol influe encore beaucoup sur la température extérieure.

Nous avons vu qu'en général les eaux n'acquièrent jamais le même degré de chaleur que les continens; que les eaux des mers, des lacs, sont plus froides que les terres. Par conséquent, plus un pays sera couvert d'eaux, de rivières, de lacs... plus il sera froid.

Une région couverte de forêts, de broussailles... sera aussi, par la même raison, plus froide que celle qui sera découverte, parce que la première sera plus humide.

Un pays rempli de prairies sera encore dans le même cas; il sera toujours plus froid que celui dont le sol sera composé de terreins nus, qu'ils soient de terre végétale, de sables ou de masses de rochers.

Dans tous ces cas, l'évaporation, plus ou moins abondante, qui se fait, soit des masses d'eau, soit des forêts, soit des prairies, contribue beaucoup à l'augmentation du froid.

Enfin, la température des couches extérieures de la surface des mers et des lacs, est en général plus froide que celle des continens correspondans, excepté pendant l'hiver, dans les latitudes polaires.

Mais les terreins qui acquièrent le plus de chaleur par l'action de la lumière, sont ceux qui en absorbent les rayons; tels sont les terreins noirs. La neige qui est sur ces terreins fond beaucoup

plus vîte qu'ailleurs. Les cultivateurs, dans quelques contrées de la Savoie, répandent au printemps de la terre noire sur ceux de leurs champs qu'ils veulent cultiver de bonne-heure. La neige y fond quinze ou vingt jours plutôt qu'ailleurs.

11°. La position du local a encore beaucoup d'influence sur sa température.

Un endroit situé au midi, au bas de collines ou de montagnes qui réfléchissent les rayons du soleil, sera plus ou moins chaud, tandis que l'autre côté de la montagne, qui sera exposé au nord, sera très-froid, quoique pas plus élevé que le premier.

§. 767. Mais les vents sont la cause qui contribue le plus au changement de la température extérieure. Un vent sera plus ou moins chaud, plus ou moins froid, suivant les lieux qu'il aura traversés.

Les vents qui ont passé sur les pays chauds ont acquis une grande chaleur; c'est pourquoi, en général, les vents du sud, dans notre hémisphère, sont chauds, et ceux du nord sont froids. Cependant, les vents du sud seroient froids pour une contrée qui auroit au midi des montagnes couvertes de neige.

Les vents de terre sont en général plus chauds que ceux de mer, parce que ceux-ci se sont re-

froidis sur les eaux. Plus le continent qu'un vent aura traversé sera chaud, plus le vent le sera lui-même. Les vents d'est sur la côte du Sénégal sont étouffans, parce qu'ils ont traversé toute l'Afrique, et sur-tout ces vallées immenses et brûlantes où coule ce fleuve; et les mêmes vents sont froids sur la côte du Brésil, parce qu'ils ont traversé tout l'océan Atlantique.

En France, les vents du sud sont chauds, parce qu'ils viennent d'Afrique, et assez souvent pluvieux, parce qu'ils ont passé sur la Méditerranée. Les vents d'est sont tempérés et secs, parce qu'ils ont traversé l'Asie et une partie de l'Europe; les vents du nord sont froids, venant des zones glaciales; les vents d'ouest sont froids et pluvieux, parce qu'ils ont passé sur l'océan Atlantique.

L'air n'acquiert cependant pas ordinairement la température de la surface de la terre. *Pictet* a prouvé ce fait par des observations comparées. Il a placé des thermomètres en terre, d'autres proche la surface de la terre, de troisièmes à différentes élévations au-dessus de cette surface; ils n'ont jamais marqué le même degré de température.

Celui qui étoit placé à cinquante pieds au-dessus de la surface de la terre, montoit moins pendant le jour, et descendoit moins pendant la nuit, que

celui qui n'étoit qu'à cinq pieds au-dessus de la surface de la terre.

Celui qui étoit à cinq pieds au-dessus de la surface de la terre éprouvoit de grandes variations; il montoit très-haut à l'instant le plus chaud du jour. Une heure après le coucher du soleil, il étoit à-peu-près au même degré que celui placé à cinquante pieds d'élévation, et ensuite il descendoit beaucoup plus bas; il remontoit lorsque le soleil étoit levé.

Mais celui dont la boule étoit en terre, est monté jusqu'à 45° dans la journée; et il s'est soutenu à une grande hauteur pendant la nuit.

Ceci prouve que la surface de la terre, comme ayant beaucoup de densité, conserve sa chaleur pendant la nuit plus que l'air; et celui-ci se refroidit beaucoup plus à une petite hauteur au-dessus de la surface de la terre, qu'à une élévation de cinquante pieds : c'est sans doute l'effet de l'évaporation.

J'ai fait des expériences semblables en hiver. Ayant placé un thermomètre en terre, de manière que son tube fût visible, et un autre à trois pieds au-dessus de la surface de la terre, dans un temps de forte gelée, le premier descendoit beaucoup plus bas que le second. La terre, à raison de sa densité, acquiert un plus grand degré de froid que l'air.

Maurice a suivi ces expériences avec beaucoup de soin. A Genthod, auprès de Genève, il avoit différens thermomètres, dont l'un étoit placé 5 pouces au-dessus de la surface, et les autres en terre, de 6 pouces en 6 pouces, jusqu'à 36 de profondeur; ils étoient dans des cylindres, afin de les pouvoir retirer facilement pour les observer. Il a vu que le thermomètre hors de terre éprouvoit de grandes variations; tandis que ceux qui étoient en terre en éprouvoient d'autant moins, qu'ils étoient à de plus grandes profondeurs.

Il paroît d'abord surprenant que l'air, étant environ 860 fois plus léger que l'eau, et 2,600 fois plus léger que les substances qui composent la surface des continens, puisse produire des changemens aussi subits dans la température extérieure, que le font les vents du nord et de sud.

Mais qu'on observe que ces vents sont formés d'une masse d'air qui a 2 ou 3 mille pieds de hauteur, et peut-être plus; ceux du sud peuvent donc facilement faire fondre la glace, la neige, et dégeler la surface de la terre à quelques pouces de profondeur, tandis que ceux du nord produiront des froids plus ou moins vifs.

La température des premières couches de la terre varie donc prodigieusement par les causes extérieures, puisqu'elles peuvent s'échauffer jus-

qu'à 45, 50, 60, et même 70 degrés, dans les chaleurs de l'été ;

Et qu'en hiver, elles se refroidissent jusqu'à 30, 40, et peut-être 70 degrés.

Tandis qu'à quelques pieds de profondeur cette température varie, par exemple, à notre latitude, elle ne varie pas à 80 pieds de profondeur.

Mais sous la ligne et vers les poles cette variation doit s'étendre à de plus grandes profondeurs.

Tel est le résultat général des différentes observations qui ont été faites sur la chaleur, soit à l'intérieur du globe, soit à sa surface. Il nous reste à en rechercher les causes.

§. 768. Le soleil entre sans doute pour beaucoup dans la chaleur qui se fait sentir à la surface de la terre ; mais il n'en est pas de même de celle qu'on observe à son intérieur. Nous avons vu qu'à une petite profondeur elle est constante en hiver comme en été ; c'est ce qui a forcé à recourir à une autre cause.

Kirker est un des premiers qui, depuis le renouvellement des sciences, ait reconnu une chaleur propre au globe, laquelle entretenoit cette température uniforme dans son intérieur ; d'autres physiciens l'ont admise comme lui, mais on peut regarder *Mairan* comme le premier qui a porté

dans cette discussion les principes nécessaires pour découvrir la vérité (1), en distinguant les différentes causes qui influent sur ce phénomène.

§. 769. Il considère d'abord l'effet que produit l'action du soleil sur la surface de la terre; il suppose avec *Newton* (*Princip. mathémat. lib. 3, prop. 8, corol. 4 et propos. 41*) que la chaleur du soleil, pour échauffer un climat, est proportionnelle à sa lumière, et que sa lumière l'est à la densité ou quantité de ses rayons. Il est évident que, plus la quantité de lumière qui tombera sur un corps sera considérable, plus grande sera la chaleur qu'elle produira.

Il cherche ensuite à déterminer cette quantité de lumière dans les différens climats à raison des latitudes. Il trouve quatre élémens qu'il faut considérer.

Le premier se tire de la lumière du soleil sur l'horison. Plus cet astre approche du zénith du lieu qu'on considère, plus ses rayons dardent perpendiculairement, et plus leur chaleur aura de force. *Halley* prétendoit qu'il falloit prendre la raison simple des sinus des hauteurs. *Fatio* soutenoit, au contraire, que c'étoit la raison des quarrés. *Mairan* consulta l'expérience; il prit

(1) Mém. de l'Acad. des sciences de Paris, 1719 et 1765.

des miroirs égaux dont il fit tomber les rayons réfléchis sur la boule d'un thermomètre ; un seul miroir fit monter la liqueur du thermomètre à 3 degrés ; deux miroirs la firent monter à 6 ; trois miroirs à 9 : d'où il conclut que la chaleur que produisent les rayons du soleil suit la simple raison des hauteurs.

Le second élément se tire de l'intensité que la lumière du soleil conserve après avoir traversé l'atmosphère ; car il s'y trouve une plus ou moins grande quantité de rayons lumineux suivant les sinus des hauteurs ; le calcul ne sauroit la déterminer. *Bouguer* a donné une table dans laquelle il assigne cette intensité pour les différentes hauteurs du soleil : il suppose la force de la lumière, en partant du soleil, être de 10000 ; il trouve que, lorsque cet astre sera au zénith, ou à la hauteur de 90 degrés, cette force, en arrivant sur la terre, sera réduite à 8136. Le soleil étant à 50 degrés de hauteur, cette force sera 7624 ; à 25 degrés de hauteur elle sera 6136 ; à l'horison de Paris, au solstice d'été, elle sera $7944 \frac{91}{100}$, et au solstice d'hiver elle sera $5094 \frac{58}{100}$.

Le troisième élément se déduit de la distance du soleil à la terre. En hiver, cette distance est 33780210 lieues, et en été elle est 34934726 lieues; mais il demeure moins sur notre horizon en hiver. Balançant ces deux effets, il trouve que la force

du soleil, au solstice d'été, est à celle qu'il a au solstice d'hiver, comme 841 est à 900, ou à-peu-près comme 14 à 15.

Le quatrième élément se déduit de la longueur des jours ou des arcs semi-diurnes. Plus le soleil demeure de temps sur l'horison, plus son action est prolongée. *Mairan* la suppose en raison du quarré des temps. A Paris, les jours étant deux fois plus longs au solstice d'été qu'à celui d'hiver, cette cause doit être quadruple en été. La théorie ne donne cependant que la raison directe des temps; car une même cause qui agit pendant deux heures ne peut produire que deux fois autant d'effet qu'elle produit dans une heure, dès qu'on la suppose égale; mais nous verrons que, suivant l'expérience, son effet suit une raison encore plus grande que celle des quarrés. C'est ce qu'on appelle *l'accélération de chaleur*.

Cette cause reçoit une augmentation par l'effet des réfractions qui prolongent la présence du soleil sur l'horison plus ou moins de temps à raison des latitudes. Au pole, par exemple, il n'y auroit qu'un seul point qui, aux équinoxes, ne dût point voir coucher le soleil; et au solstice d'été, il n'y a que les régions situées au-delà du cercle polaire qui dussent le voir tout le jour. Ceci s'étend néanmoins à une beaucoup plus grande latitude, à cause de la force de réfraction. C'est cette plus

grande latitude à laquelle s'étendent ces phénomènes qui fixent le lieu que les astronomes appellent le *cercle terminateur de la lumière et de l'ombre*.

Mairan cherche ensuite à déterminer l'intensité de ces quatre élémens aux deux solstices pour la latitude de Paris, en faisant toutes les réductions nécessaires.

1°. Hauteur, toute réduction faite,

En été, 64° 38′ 17″.

En hiver, 17° 41′ 30″.

2°. Intensité de la lumière,

En été, 7944,94.

En hiver, 5094,38.

3°. La force de la lumière est en raison inverse de la distance du soleil,

En été, 9833,50.

En hiver, 10166,50.

4°. Les arcs semi-diurnes sont, en été, 483′, et en hiver, 245′, dont il faut prendre les quarrés.

Mairan prend ensuite les logarithmes de tous ces nombres, et il trouve :

1°. Hauteur	H	été,	9,9560057.	Hiver,	9,4839354.
2°. Intensité	I	été,	3,9009050.	Hiver,	3,7070913.
3°. Densité	D^2	été,	7,3678942.	Hiver,	8,0243428.
4°. Arcs	R^2	été,	5,3678942.	Hiver,	4,7783322.
			27,2094066.		25,9837017.

Retranchant la petite somme de la grande, il reste 1,2257049, qui est le logarithme de 16,82.

Ce sera le rapport de l'été solaire F à l'hiver solaire H à la latitude de Paris, et on aura E.H :: 16,82 . 1 ; en sorte que la chaleur du soleil, à Paris, sera seize fois plus grande, en été qu'en hiver, pour un moment déterminé, par exemple, pour midi des jours du solstice d'été et de celui d'hiver.

Mairan, pour avoir cette chaleur en parties trigonométriques, augmente du nombre 23 le logarithme de la formule E . H :: 16,82 . 1. Il trouve, en parties trigonométriques, 16 . 82 = $\frac{16196 \frac{11}{100}}{963 \frac{17}{100}}$ dont la différence est 15232 : c'est-à-dire, que la différence de l'été solaire à l'hiver solaire est, à Paris, de 15232 parties trigonométriques.

Il recherche ensuite quelle est la différence réelle entre l'été vrai et l'hiver vrai. *Amontons* l'avoit trouvée dans le rapport de 51, 50 à 60, ou à-peu-près comme 6 à 7.

Mairan compara toutes les observations thermométriques depuis 1701 jusqu'à 1756 pour Paris. Il trouva que la plus grande chaleur moyenne étoit de 1026°, et le plus grand froid moyen de 994°, en supposant 1000 pour terme de la glace, ce qui donne trente-deux parties trigonométriques pour

différence entre l'été et l'hiver vrais, qui sont par conséquent entre eux comme 32 à 31. Car on a 1026 : 994 :: 32.31.

Il faut donc en conclure qu'il y a une autre cause de cette chaleur qui ne peut être que la chaleur centrale.

Les quatre élémens déduits ci-dessus de l'action de la lumière du soleil ne peuvent donner, dit-il, ce résultat, puisque l'action des rayons du soleil donne une chaleur = 16,80 en été, et en hiver une = 1 : tandis que la chaleur vraie de l'été n'est que d'un trente-unième plus forte que celle de l'hiver ; car l'hiver vrai et l'été vrai sont entre eux comme 31 à 32.

Le rapport de cette émanation de la chaleur centrale sera à la chaleur solaire,

En été, toute correction faite, comme 29,16 est à 1 ;

En hiver, comme 491 est à 1.

Tel est le précis du travail de *Mairan*.

§. 770. Tous ses calculs sur l'intensité de l'action de la lumière du soleil sont fondés sur des principes incontestables. Il est sûr que, plus le soleil a de hauteur, plus ses rayons approchent de la perpendiculaire, et moins il s'en perd en traversant l'atmosphère. Les calculs de *Bouguer* sur l'intensité de l'action des rayons de la lumière du

soleil paroissent exacts ; d'ailleurs plus cet astre est proche de la terre, plus de temps il demeure sur l'horison, plus grande doit être sa chaleur.

Néanmoins il est certain que l'expérience est contraire aux conséquences de *Mairan*. Son erreur vient de deux causes : 1°. de la manière dont il estime la condensation de la liqueur du thermomètre ; 2°. de ce qu'il n'a pas tenu compte de l'accélération de chaleur.

a Soit, dit-il, le degré de la glace = 1000: celui de la plus grande chaleur moyenne est = 1026 ; celui du plus grand froid moyen est = 994°. Or, 1026 est à 994 comme 31 est à 32. Ainsi la chaleur de l'été vrai n'est que d'un trente-deuxième plus forte que celle de l'hiver vrai.

Mairan paroît donc supposer que le froid quelconque pourroit amener la liqueur du thermomètre à zéro = 0. Le froid de la congélation de l'eau seroit = 1000 ; le froid moyen des hivers seroit = 994, et la température moyenne des étés seroit = 1026. Sa conséquence est juste, mais le principe est faux. On ne peut supposer la condensation de la liqueur du thermomètre = 0 ; dès-lors on ne peut pas dire que le rapport de la température de l'hiver à celle de l'été soit comme 31 à 32.

Nous avons vu que la condensation des corps par le froid a des limites, lesquelles nous sont en-

core inconnues (§. 625), et que le mercure, passé le terme de la congélation, ne se condense presque plus. Supposons la liqueur du thermomètre de mercure donnant 1000° au terme de la glace, il se gélera à 968 ou—32. Supposons que, passé ce terme, il ne se condense presque plus; ou, pour plus de latitude, fixons cette limite à 900° de la liqueur, ou — 100.

Dans cette supposition, la chaleur moyenne de l'été étant = 1026, et celle de l'hiver = 994, il faudra dire la chaleur moyenne de l'hiver = $\frac{994}{900}$, et celle de l'été = $\frac{1026}{900}$, c'est-à-dire, à-peu-près dans le rapport de 3 à 4.

Mais il ne paroît pas que le mercure puisse jamais être condensé jusqu'à 900; ainsi on ne peut encore admettre ce rapport.

b Il y a encore une seconde erreur dans le calcul de *Mairan*. Il n'a point tenu compte de *l'accélération de chaleur*, dont il avoit cependant parlé auparavant.

Les rayons du soleil produisent une chaleur plus ou moins considérable dans nos plaines. Nous avons exposé ailleurs pourquoi ils ne produisent pas le même effet sur les montagnes; ils échaufferont donc les substances qui s'y trouvent et la masse d'air qui les environne. Mais cet air et ces corps se refroidiront dès que la cause de leur chaleur cessera, c'est-à-dire, que le soleil disparoîtra.

Par conséquent, si le soleil demeure long-temps sans remonter sur l'horison, toute la chaleur qu'il aura produite sur la terre sera dissipée à son retour. Lorsqu'au contraire il demeure peu de temps absent, une partie de cette chaleur subsistera encore quand il reparoîtra : ce qui produira une *accélération de chaleur*.

Dans les grands jours de seize heures à notre latitude, le soleil n'est que huit heures absent. Sa chaleur qu'il a communiquée n'a pas le temps de se dissiper avant son retour; elle est au contraire toute dissipée lorsque les nuits sont de seize heures. Aussi le froid se fait-il pour lors sentir vivement avant que le soleil reparoisse.

Dans la zone torride, les nuits étant de douze heures, la chaleur n'a pas le temps de se dissiper dans cet intervalle; et il en reste encore beaucoup au lever du soleil. Cependant les rosées abondantes qui tombent dans ces contrées, le miellat des plantes qui transsude, sont autant de causes qui diminuent de plus en plus la chaleur, et rendent les nuits très-fraîches. L'accélération de chaleur y est donc peu considérable; néanmoins il y en a une chaque jour; et avec le temps elle monteroit à un degré excessif, si la saison des pluies, les grands vents, et d'autres causes, ne venoient chaque année détruire cette augmentation de chaleur.

Il faut encore observer que la terre est relevée de dix mille toises sous l'équateur. Ainsi les terres sous cette partie doivent conserver davantage leur chaleur intérieure, toutes choses égales d'ailleurs.

L'accélération de chaleur, produite par les rayons du soleil, est donc une cause beaucoup plus puissante que toutes les autres, de la chaleur qu'on éprouve à la surface de la terre ; l'erreur des calculs de *Mairan* vient de ce qu'il a négligé de tenir compte de cette accélération.

A Tornéo, par exemple, dans le temps que le soleil est au solstice d'été, ou quelques jours après, ses rayons y tombent aussi obliquement qu'ils le font à notre latitude aux environs des équinoxes. Un grand nombre doit donc se perdre dans l'atmosphère ; leur choc sera très-oblique, par conséquent ils ne frapperont point les corps avec la même force qu'il font lorsqu'ils tombent presque verticalement. Cependant ils y produisent le même degré de chaleur que sous la zone torride ; ce ne peut donc être que par leur continuité d'action. Le soleil ne s'absente presque pas de dessus l'horizon ; la chaleur qu'il communique chaque jour ne se perd pas, elle s'accumule, et, quelque foible que paroisse cet accroissement journalier, il arrive un point où la température monte au même degré que dans les climats les plus chauds.

Mais dès que le soleil se retire du côté de

l'équateur, ou vers le tropique opposé, les nuits commencent à devenir plus longues ; la chaleur diminue peu à peu, et le froid parvient à un degré extrême.

Nous avons vu que sur les bords du Vilhoüi, par les 66 degrés de latitude nord, le terrein ne dégèle plus depuis environ deux pieds au-dessous de sa surface, jusqu'à une profondeur qui ne nous est pas connue, et cependant il y a un été; la terre y degèle à la surface jusqu'à la profondeur de quinze ou vingt pouces, et y nourrit des végétaux. Cette chaleur ne peut donc être l'effet de la chaleur centrale, puisqu'au-dessous de vingt pouces cette même terre est gelée jusqu'à une profondeur considérable, et ne dégèle plus : elle est donc due uniquement à l'action des rayons du soleil.

Le même phénomène se présente dans toute l'étendue des zones glaciales, où la chaleur de l'été est produite principalement par le soleil.

Cette action du soleil est la même sous les zones tempérées et torrides.

Néanmoins on auroit tort de prétendre que la chaleur intérieure du globe n'a aucune influence sur sa température extérieure; car il n'est pas possible que les couches intérieures de la terre aient une chaleur de 10 degrés, par exemple, à notre latitude, sans qu'elles n'en communiquent conti-

nuellement aux couches extérieures; le froid seroit donc beaucoup plus considérable à la surface de la terre, si cette chaleur centrale n'en tempéroit sans cesse l'âpreté.

Supposons qu'à une certaine profondeur sous les zones glaciales, les couches intérieures de la terre n'eussent pas une chaleur quelconque, et fussent à zéro par exemple : les couches extérieures auroient un degré de froideur beaucoup plus considérable qu'aujourd'hui, et par conséquent, en été, les rayons du soleil, au lieu de faire dégeler la terre à quinze ou vingt pouces de profondeur, ne la dégéleroient que de quelques pouces ou de quelques lignes, comme il arrive dans les glaciers.

La neige offre un exemple frappant à cet égard : les couches extérieures de la terre ne gèlent point à notre latitude, lorsqu'il y a beaucoup de neige; Le froid pénètre beaucoup moins dans les caves et dans les celliers : c'est que cette couche épaisse de neige empêche que la chaleur des couches extérieures de la terre se dissipe; elles conservent donc la plus grande partie de cette chaleur. La neige fait ce qu'opéreroit tout autre corps qui couvriroit la surface de la terre d'une certaine épaisseur. Nos plus grands froids à notre latitude, dans les plaines, ne gèlent pas la terre à plus de 15, 18 à 20 pouces : 20 pouces de neige empêcheront donc que la gelée ne pénètre jusqu'aux cou-

ches de la terre. Mais au nord, et dans les hautes montagnes, la gelée s'étend à une bien plus grande profondeur; il y faudroit donc plus de neige pour empêcher que les couches extérieures de la terre ne gèlent.

C'est ce que présentent les glaciers des hautes montagnes : dans les endroits où ils ont peu d'épaisseur, leur portion qui touche la surface de la terre ne dégèle point ; mais lorsque leur épaisseur est très-considérable, la portion qui est contiguë à la terre dégèle, et il coule sans cesse sous ces glaciers une grande quantité d'eau qui devient l'origine des fleuves les plus considérables. Mais la surface extérieure de ces glaciers dégèle peu ; la glace n'y fond que de quelques lignes pendant le jour.

On ne peut donc pas nier que la chaleur centrale ne concoure avec l'action des rayons du soleil sur la température de la surface extérieure de la terre ; mais comment déterminer la quantité de leur influence respective ?

Il faut considérer chacune de ces deux causes en particulier, et écarter tout ce qui leur est accessoire.

§. 771. La température des souterreins de l'Observatoire de Paris est 10° à-peu-près ; ce seroit donc la température des couches de la terre, si

nous supposons écartées toutes les causes extérieures.

L'action des rayons du soleil, en hiver, donne 1 degré de chaleur;

Et cette même action, en été, donne 16,80.

En supposant que cette estimation des degrés de cette action des rayons du soleil soit proportionnelle aux degrés de chaleur centrale, nous aurons pour expression de la température de la surface de la terre :

En hiver, $10 + 1 = 11^\circ$;

En été, $10 + 16,80 = 26,80$.

Ce sera l'expression de la chaleur de deux jours seulement, par exemple, du midi du solstice d'hiver, et du midi du solstice d'été.

Ce sont ici des degrés thermométriques, absolument relatifs à nos instrumens; nous disons seulement que la température de la croûte extérieure de la terre seroit 11° à midi du solstice d' hiver, et 26,80 à midi du solstice d'été.

Mais nous avons vu que l'accélération de chaleur, en été, est très-considérable, et qu'elle augmente beaucoup la chaleur extérieure.

§. 772. D'un autre côté, il y a des causes non moins actives qui diminuent cette chaleur : elles agissent principalement en hiver, et produisent des froids qui sont bien éloignés de la température

de 11° que nous venons de trouver. Leur action continue produit une *accélération de froid*, comme les autres ont produit une *accélération de chaleur*.

Ces causes du froid sont :

1°. La quantité expansive du calorique, qui fait que tout corps qui a plus de chaleur que ceux qui l'environnent, se refroidit continuellement. Or, le globe de la terre a une température plus élevée que son atmosphère ; il doit donc lui communiquer une partie de sa chaleur : et l'atmosphère terrestre a plus de chaleur que les fluides qui l'environnent ; elle doit donc aussi leur communiquer de sa chaleur.

2°. Les pluies, les rosées, les brouillards, les neiges.... influent beaucoup sur la température extérieure. Nous avons vu que des pluies longtemps continuées rafraîchissent tellement l'air dans les contrées les plus chaudes, qu'on appelle cette saison leur hiver.

Les pluies, dans ces circonstances, agissent de plusieurs manières pour diminuer la température.

a Elles absorbent le calorique qui est dans l'air et à la surface de la terre, parce que cette pluie venant d'un endroit élevé de l'atmosphère est assez froide, et que d'ailleurs l'eau n'acquiert pas la température des continens.

b Dans les temps de pluie, l'atmosphère est

remplie de nuages qui interceptent les rayons du soleil.

« La pluie n'est pas continuelle. Dans les intervalles de sa chûte, l'évaporation est très-considérable, ce qui produit beaucoup de froid,

3°. Car l'évaporation des liqueurs est un des meilleurs moyens pour dissiper la chaleur; les différentes portions de la surface de la terre se refroidiront par conséquent d'autant plus promptement, qu'elles seront couvertes de portions de fluides qui s'évaporent, par exemple, de masses d'eaux. . . .

Romé de l'Isle (1) avoit peut-être trop accordé à cette cause, en disant que c'étoit à elle principalement qu'étoit dû le changement de la température extérieure. Cette évaporation est bien plus considérable en été qu'en hiver, le jour que la nuit, entre les tropiques que du côté des poles; et cependant ce ne sont ni les instans ni les lieux des plus grands froids.

4°. Mais la cause qui paroît influer le plus sur la température de la surface du globe, est l'action des vents. Quelquefois, en moins de huit jours, la température en hiver peut varier de 20 à 30 degrés. Elle sera, par exemple, de +6, +8, +10.

(1) Action du feu central démontrée nulle à la surface du globe.

Un vent de nord ou nord-est s'élève : au bout de quelques jours, le thermomètre descend à — 6, — 8, — 15.

Le vent change-t-il ? un vent de sud survient ; en deux fois vingt-quatre heures il fait monter le thermomètre à plusieurs degrés au-dessus de zéro....

Nous avons vu que ces effets sont dus à la grande masse d'air que ces vents charrient.

5°. Il faut tâcher d'apprécier l'action de chacune de ces causes qui font varier la température extérieure du globe d'une manière considérable, et souvent très-brusquement.

Supposons la température extérieure à notre latitude être à midi du solstice d'hiver à 11°, comme cela arrive souvent ; ce devroit être sa température naturelle : huit jours après elle peut être à — 8, — 10, — 15°. Quelle est la cause d'un changement aussi subit ? La surface du globe n'auroit pu perdre en huit jours ces 26 degrés de chaleur par son refroidissement naturel.

Les pluies, l'évaporation... n'auroient également pas pu produire un changement aussi considérable.

§. 773. Il n'y a donc que les vents de nord, ou nord-est, ou nord-ouest, qui aient pu le produire ; et effectivement ces grands froids subits

sont toujours produits par des vents qui viennent du nord.

On conçoit effectivement qu'une grande masse d'air très-froide qui passe rapidement sur la surface de la terre, enlèvera aux corps qui y sont leur chaleur.

Et, réciproquement, un vent de sud s'élève-t-il quelques jours après? il fond les glaces, et ramène souvent dans deux ou trois jours la température de 11 degrés; ce qui ne peut également pas dépendre de la chaleur centrale.

On ne peut donc pas douter que ce ne soient principalement les vents qui produisent ces changemens subits de température.

Mais les autres causes dont nous avons parlé produisent des refroidissemens successifs, ou une *accélération de froid.* Il seroit difficile d'estimer les degrés de cette accélération.

On conçoit facilement la cause de la grande chaleur que produisent les vents du sud, puisqu'ils viennent de pays plus ou moins échauffés.

Mais il reste à rechercher la cause du grand froid que produisent les vents du nord. Car les mois de juillet et d'août sont très-chauds sous les zones polaires, et la fin de septembre et le commencement d'octobre y sont assez froids pour qu'il y tombe des quantités considérables de neige. Cependant la surface extérieure du sol n'a

pas eu le temps de se refroidir à ce point dans un aussi court intervalle ; et par conséquent les vents du nord ne devroient pas être aussi froids qu'ils le sont. Il faut donc en chercher la cause.

J'attribue ces froids subits qu'éprouvent les zones polaires dès le mois de septembre et d'octobre, à la même cause que dans nos contrées, à des vents ; et ces vents viennent des parties supérieures de l'atmosphère.

Nous avons vu qu'il y a dans l'atmosphère un double courant.

L'un, qui des poles se porte vers l'équateur : il est à la surface de la terre.

L'autre, qui de l'équateur porte aux poles : celui-ci est situé dans les régions supérieures de l'atmosphère; c'est le premier courant qui, arrivé vers les tropiques, rencontrant le grand courant du vent d'est, est forcé de refluer vers les parties supérieures de l'atmosphère.

Il s'élève vraisemblablement à des hauteurs considérables, où il acquiert un grand degré de froid. Arrivant dans les régions polaires, il y produit le même effet que les vents de nord produisent dans nos contrées; car c'est le même vent qui a déjà perdu une partie de son froid dans les régions qu'il a parcourues.

Ce vent s'échauffe de plus en plus, à mesure qu'il s'avance vers les tropiques.

Telle me paroît être la vraie cause des froids excessifs qu'éprouvent les régions polaires, et de celle que les vents de nord qui en viennent produisent subitement dans nos climats.

Les deux agens principaux qui causent de si grandes variations dans la température extérieure du globe, sont donc :

L'action des rayons du soleil, d'un côté ;

Et celle des vents, de l'autre.

§. 774. RÉSUMONS en peu de mots ce que nous avons dit sur les causes de la température des couches extérieures de la terre.

La chaleur centrale qui, à notre latitude, paroît être de 10 degrés, se communique aux couches extérieures de la terre. Elles acquerroient donc la même température et la conserveroient, si des causes extérieures ne venoient y apporter de grandes différences.

Entre ces causes extérieures, il faut placer :

a Les masses d'eaux,

b Les pluies,

c L'évaporation,

d La nature du sol,

e Son élévation,

f Les vents particulièrement.

Mais d'un autre côté l'action des rayons du soleil augmente la température extérieure. Cette

cause, à notre latitude, ajoutera un degré au solstice d'hiver, et 16,80 au solstice d'été.

La température extérieure y seroit donc à 11° au solstice d'hiver,

Et à 26,80 au solstice d'été.

Il faut combiner l'action de toutes ces causes pour obtenir un résultat général.

Le froid moyen, à notre latitude, est de — 7, ou de 6 degrés au-dessous de zéro.

Cependant, la température en hiver devroit être 11°, elle est de — 6; c'est donc aussi 16,80, ou 17 degrés de froid que donne l'*accélération de froid*.

La chaleur moyenne y est de + 26° au lieu de 10°; c'est donc 16° qu'ajoute l'*accélération de chaleur*. Car la différence est de 33 degrés, entre — 7, qui est le plus grand froid moyen, et + 26, qui est le plus grand chaud moyen.

Les rayons du soleil, au solstice d'hiver, donnent 1 degré, et au solstice d'été, 16,80.

Il faudroit donc encore 16,20 pour faire 33 degrés.

Or, ces 16,20 ne peuvent venir que de l'accélération de chaleur produite par les rayons solaires, laquelle s'accumule chaque jour. Car du solstice d'hiver au solstice d'été, la chaleur intérieure ne pourroit changer d'une quantité sensible.

Mais sans cette chaleur intérieure, les rayons

du soleil ne pourroient produire à la surface de la terre une chaleur d'un degré au solstice d'hiver, ni de 16,80 au solstice d'été. La chaleur intérieure du globe influera donc réellement sur sa température extérieure, soit en hiver, soit en été.

On a supposé la température intérieure du globe à zéro, et on a demandé quel degré de chaleur le soleil produiroit à sa surface,

a Aux équinoxes,

b Au solstice d'hiver,

c Au solstice d'été.

Je réponds qu'on ne peut point admettre cette supposition, parce que la température des couches de la surface sera toujours plus froide que celle de l'intérieur, et celle des régions polaires, que celle des régions entre les tropiques.

Avec ces principes, on expliquera facilement tous les phénomènes que la température extérieure du globe nous présente.

1°. Celle qui est à l'intérieur de la terre, à notre latitude, ne change point à une certaine profondeur, celle de 80 pieds, parce que le soleil lui rend à-peu-près autant de chaleur qu'elle en perd par les différentes causes qui peuvent la diminuer.

Mais il paroît qu'à la même profondeur de 80 pieds, sous la zone torride, le thermomètre éprouveroit des variations en plus, c'est-à-dire que la

température y seroit plus élevée; tandis qu'à la même profondeur, sous les zones glaciales, la température moyenne seroit moindre, et le thermomètre seroit au-dessous de 10 degrés.

Vraisemblablement, à de plus grandes profondeurs, la température intérieure seroit la même à toutes les latitudes; car dans l'intérieur du globe, la chaleur doit chercher à se mettre en équilibre, comme elle fait dans tous les corps. Les contrées sous la ligne communiqueront donc sans cesse de leur chaleur aux couches qui avoisinent les poles. Cette communication de chaleur doit être continuelle; de manière que toutes les couches intérieures du globe, à une grande profondeur, aient à-peu-près la même température. Si cela n'étoit pas, les couches intérieures qui sont à notre latitude varieroient également de température.

2° Il faut avoir égard, à la vérité, aux terreins situés sous les mers, dont la température n'est pas la même. Nous avons vu qu'il paroît que la température moyenne de la masse des eaux de la mer peut être estimée à environ 7 degrés. Le sol sur lequel elles reposent doit donc leur communiquer sans cesse de la chaleur, et par conséquent perdre de la sienne.

Le sol du fond des mers sera plus froid que la portion continentale de la surface des régions sous la zone torride et sous les zones tempérées, mais

plus chaud que la surface des continens des zones polaires.

Et comme il y a des mers qui ont une grande profondeur, peut-être d'une lieue, l'équilibre de température entre toutes les couches extérieures du globe, ne pourra donc être établi qu'à une profondeur plus grande, c'est-à-dire peut-être à celle de deux ou trois lieues.

3°. Sur les montagnes élevées, le froid y est toujours plus grand que dans les plaines; *a* parce que dans celles-ci la chaleur s'y dissipe moins, *b* les rayons de lumière y sont plus ramassés, et s'y perdent moins; tandis que sur la croupe d'une montagne, ils sont rendus divergens. *c* L'atmosphère est plus dense dans la plaine.....; aussi ces montagnes perdent-elles journellement de leur chaleur.

4°. Car le froid paroît augmenter tous les jours dans les hautes montagnes. Les glaciers de la Suisse prennent des accroissemens considérables. *Gruner* rapporte que des prairies et de grandes forêts de melèzes se trouvent aujourd'hui au milieu des glaces qui ne fondent plus. Il dit encore qu'on voit le haut du clocher d'un village qui a été englouti sous les neiges.....

§. 775. On voit la région des glaces et des neiges s'accroître dans toutes ces hautes montagnes. Plu-

sieurs passages, qui y étoient ouverts autrefois, sont impraticables aujourd'hui. Les habitans du Valais pouvoient communiquer avec le canton de Berne, par le Grendewald, et aujourd'hui cela n'est plus possible. On avoit cherché à élever des doutes sur cette communication; mais *Wild* vient de les lever par la découverte d'un pont en pierre au milieu de ces glaciers, bien loin de tous les pâturages : c'est ce que m'apprend mon ami *Pictet*. La grande mer de glace qui couvre les bases du Mont-Blanc prend des accroissemens journaliers...

Enfin, c'est une tradition constante parmi tous les habitans de ces montagnes, que les glaciers s'étendent tous les jours. Les chasseurs l'assurent particulièrement, fondés sur ce que plusieurs passages qui leur étoient ouverts, ne sont plus praticables à cause des glaces.

Elles paroissent également augmenter dans les régions polaires. Les navigateurs trouvent aujourd'hui plus d'obstacles de la part des glaces pour voyager dans ces mers, qu'on n'en éprouvoit autrefois. Le détroit de Weigaz, que *Barentz* traversa en 1594, est aujourd'hui bien moins abordable.

5°. Les pays coupés par des lacs, des marais, des grandes rivières..... ceux couverts de bois, de savanes..... sont plus froids que les autres, à la même latitude. C'est pourquoi l'Amérique sep-

tentrionale est beaucoup plus froide aux mêmes latitudes, que l'ancien continent. La cause de ce phénomène est, *a* que l'eau n'acquiert pas des rayons du soleil le même degré de chaleur que les continens, *b* que l'évaporation y est plus considérable.....

Les contrées, au contraire, couvertes de sable, telles que la plupart des plaines d'Afrique, quelques-unes en Asie... sont les pays les plus chauds de la terre.

Une grande partie de la Grèce, Rome, et toute cette portion de l'Italie qui l'environne, étoient autrefois beaucoup plus froides qu'aujourd'hui, parce qu'elles étoient couvertes de forêts, de marais... Il en est de même des parties méridionales de la France, de l'Allemagne... leur température est aujourd'hui plus douce que du temps de César... On remarque même que dans l'Amérique septentrionale, la température s'y est adoucie depuis qu'on y a coupé une partie des forêts, qu'on y facilite l'écoulement des eaux...

DU REFROIDISSEMENT DU GLOBE TERRESTRE.

§. 776. Les faits que nous venons de rapporter ne permettent pas de douter que le globe n'ait perdu beaucoup de sa chaleur primitive ; aussi

est-ce une vérité reconnue de tous les géologues. Nous avons vu que lors de sa cristallisation générale, il s'est combiné une grande quantité de calorique dans les différentes substances solides qui le composent; or, ce calorique ne jouit plus de ses propriétés de produire de la chaleur. C'est la première cause du refroidissement de la masse générale.

Mais cette cause se renouvelle à chaque instant dans la formation des nouvelles couches qui ont eu lieu, et qui ont encore lieu depuis la cristallisation générale.

Indépendamment de ces causes toujours agissantes, le globe tend à se refroidir continuellement, comme le font les corps chauds, dont la chaleur n'est pas renouvelée par une cause active. Or, nous ne connoissons point de cause propre au globe, qui puisse compenser cette perte. Les feux souterrains produisent de si foibles effets à cet égard, qu'on sait que la température extérieure des montagnes qui les recèlent n'en est pas élevée sensiblement. Il y a des neiges qui ne fondent presque jamais sur l'Etna, sur le Pic de Ténériffe, sur Coto-Paxi....

On ne sauroit d'ailleurs supposer une grande masse de feux dans les parties intérieures de la terre. Nous n'avons aucun fait qui puisse donner quelque poids à cette hypothèse.

Il n'y a donc que la chaleur communiquée par le soleil qui puisse résister au refroidissement du globe.

Le refroidissement d'une sphère est en raison de sa solidité. Si on pouvoit assigner le premier degré de la chaleur de la terre, et que celui que lui communique le soleil fût bien calculé, on pourroit donc déterminer le temps qui s'est écoulé pour qu'elle parvînt à la température actuelle. Mais nous n'avons point de données à cet égard. Contentons-nous donc des faits que nous connoissons, et tâchons de découvrir si, dans ce moment, la terre acquiert ou perd de sa chaleur.

A notre latitude de Paris 48° 50', la chaleur des souterrains de l'Observatoire ne varie pas : ce qui peut représenter la chaleur centrale. Elle est de 1010°, en supposant la chaleur du thermomètre divisée en 1000 parties.

La chaleur moyenne de nos étés est de 1010 $\times$ 16° = 1026 dans les plaines;

Et le froid moyen de nos hivers est de 1010 $-$ 16 = 994°.

Dans le courant de l'année, la chaleur paroît être au moins aussi souvent au-dessus de 1010°. qu'au-dessous.

Il paroîtroit donc qu'à notre latitude la partie continentale des plaines acquiert autant de chaleur pendant l'été, par l'action du soleil, qu'elle

en peut perdre l'hiver pendant son absence.

Dans les pays situés depuis cette latitude jusqu'à la ligne, la partie des continens doit acquérir beaucoup plus de chaleur qu'elle n'en peut perdre, puisque dans la plus grande partie de ces contrées le thermomètre ne descend jamais à zéro, et que dans beaucoup d'autres il se tient à plusieurs degrés au-dessus de zéro, et monte souvent à 30 ou 32 degrés; aussi la chaleur moyenne de ces contrées est beaucoup au-dessus de 10 degrés.

Dans les zones situées depuis notre latitude jusqu'aux poles, la partie continentale doit perdre plus de sa chaleur qu'elle n'en gagne par l'action du soleil. Les hivers sont très-longs, et les froids très-rigoureux; aussi est-on sûr que toutes ces régions sont beaucoup plus froides aujourd'hui, qu'elles ne l'étoient il y a quelques siècles.

L'Islande étoit couverte autrefois de belles forêts; il y avoit une population nombreuse. Aujourd'hui la population est très-diminuée, et il n'y croît plus que des arbres rabougris.

La Scythie, cette pépinière d'hommes forts et robustes, qui se sont emparés plusieurs fois de la plus grande partie de l'ancien continent, devoit avoir autrefois une température bien plus douce que celle de notre Sibérie et de notre Tartarie. Aussi Justin et tous les historiens y placent-ils les premiers peuples civilisés.

Nous verrons toutes ces contrées septentrionales remplies des débris des animaux et des végétaux, qui ne subsistent aujourd'hui que dans les climats les plus chauds.

Le même phénomène s'observe dans toutes les hautes montagnes qui se refroidissent continuellement, comme nous l'avons vu dans les montagnes de la Suisse.

Mais les zones polaires, y comprises les montagnes élevées des autres contrées, sont à peine le quart de celles où il y a augmentation de chaleur.

Par conséquent toute la partie continentale du globe acquerra plus de chaleur qu'elle n'en perd.

Mais il faut prendre d'autres données pour les régions occupées par les eaux, parce que celles-ci ne reçoivent pas le même degré de chaleur que les terres.

La chaleur moyenne des mers entre les tropiques n'est peut-être que 9 degrés.

Dans les mers des zones tempérées, la chaleur moyenne des eaux n'est peut-être que de 5 degrés.

Dans les mers des zones glaciales, la chaleur moyenne des eaux n'est peut-être qu'à zéro.

Il faudroit donc prendre un terme moyen pour déterminer le degré de chaleur de toutes les eaux de mers : mais nous n'avons point assez d'obser-

vations pour le fixer d'une manière certaine. Il est sûr néanmoins qu'il seroit beaucoup au-dessous de 10 degrés. Nous l'avons fixé à 7 degrés, tandis que la chaleur moyenne des continens est au-dessus de ce même terme de 10 degrés. Nous l'avons fixé à 11 degrés.

§. 777. Les peuples instruits de l'Europe ont aujourd'hui des possessions dans toutes les contrées de la terre, et à toutes les latitudes : il seroit à desirer qu'ils fissent les observations suivantes.

A Tornéo, à Abo, à Archangel, à la baie d'Hudson, en Islande, et dans toutes les contrées les plus froides de notre hémisphère, on creuseroit, à la profondeur de 80 à 100 pieds, un puits, à l'extrémité duquel on pratiqueroit latéralement, et à quelque distance de l'ouverture, une chambre dans laquelle on feroit des observations thermométriques, comme à l'Observatoire de Paris.

Des souterrains semblables seroient pratiqués à toutes les latitudes, sur-tout auprès des grandes villes où se réunissent ordinairement les savans, comme Upsal, Stockholm, Pétersbourg, Tobolsk, Copenhague, Vienne, Londres, Berlin, Amsterdam, Manheim, Genève, Berne, Turin, Madrid, Boston, Philadelphie, Québec.....

Que les mêmes observations se fissent dans les pays chauds, à Madras, à Pondichéri, à Batavia,

au Cap, à Lima, à Carthagène, à Gorée, au Caire.....

Il faudroit aussi multiplier les observations thermométriques dans le sein des mers à différentes profondeurs, à différentes latitudes, et en différentes saisons, pour avoir des résultats certains.

Par ce moyen on auroit, au bout de quelques siècles, des observations précieuses sur la chaleur du globe, et on sauroit si elle éprouve des variations à différentes latitudes, si elle augmente ou si elle diminue.

En attendant cet heureux concert des nations pour le progrès et l'avancement de nos connoissances, ceux qui sont à la tête des différentes mines pourroient nous donner des observations précieuses, s'ils vouloient placer dans des galeries reculées, et à l'abri des courans d'air, des thermomètres, et les observer seulement quelquefois dans la semaine.

Nous ne pouvons dans ce moment prononcer avec certitude sur les différentes températures des continens et des mers: nous n'avons que des approximations éloignées. Néanmoins, en partant des faits que nous avons, je pense qu'on peut dire :

Que la chaleur intérieure des continens situés entre les tropiques augmente à une certaine profondeur;

Que celle des continens situés dans une partie des zones tempérées ne souffre pas beaucoup de variations ;

Que celle des continens polaires et des hautes montagnes diminue considérablement à une certaine profondeur ;

Que celle des régions situées sous les mers diminue chaque jour ;

Et qu'en somme, la chaleur du globe diminue journellement.

§. 778. J'ai supposé que, dans les premiers temps, lors de la cristallisation générale du globe, la chaleur de sa masse totale étoit au moins égale à celle de l'eau bouillante, et lui étoit même supérieure. Il m'est facile maintenant de prouver que je n'ai pas poussé trop loin la supposition.

1°. Il est prouvé, comme nous venons de le voir, que le globe se refroidit continuellement.

2°. Le globe existe sous sa forme actuelle depuis un nombre de siècles, que nous ne pouvons assigner ni même soupçonner. Mais cette durée doit être beaucoup plus considérable que nous ne pourrions le croire.

Prenons seulement l'époque où a commencé l'existence des êtres organisés ; à combien de milliers de siècles ne doit-elle pas remonter, pour qu'il ait pu exister une si grande quantité de bois

fossiles, de coquillages, d'animaux.... et pour que toutes les couches où ces débris sont renfermés aient pu être produites ?.....

Mais que de milliers de siècles ne s'étoient pas encore écoulés depuis la cristallisation première jusqu'à l'origine des êtres organisés !.....

Les données pour assigner ces durées nous manquent; mais nous pouvons dire, en général, qu'elles remontent à un nombre de siècles que nous ne pouvons soupçonner.

Or, s'il est prouvé que le globe perd journellement de sa chaleur, comme nous venons de le dire, quelque petite que soit supposée cette perte dans une année, dans un siècle, qu'a-t-elle dû être dans cette suite innombrable de siècles qui se sont écoulés depuis sa formation en globe?

Et qu'on observe encore que cette perte devoit être d'autant plus considérable que sa chaleur étoit plus élevée, parce que l'action du soleil pouvoit moins la compenser.

Par conséquent, dans le principe, cette chaleur, que les faits prouvent avoir été très-considérable, devoit plus diminuer proportionnellement qu'elle ne l'a fait dans les temps postérieurs, et qu'elle ne le fait aujourd'hui.

On doit conclure de tous ces faits, que la chaleur première du globe, sa chaleur centrale, devoit être, dans les premiers momens qui ont suivi

sa cristallisation, beaucoup plus considérable qu'elle n'est dans cet instant.

Et en supposant qu'elle étoit supérieure à celle de l'eau bouillante, on ne trouvera pas cette estimation trop forte; je crois même qu'elle est beaucoup trop foible. Car en suivant les analogies, cette chaleur devoit être de plusieurs degrés au-dessus de celle de l'eau bouillante.

Mais cette diminution ira-t-elle toujours en croissant?

Ou y aura-t-il un terme quelconque, passé lequel cette chaleur ne diminuera plus?

Ou pourra-t-il arriver une époque à laquelle cette chaleur augmentera?

§. 779. Nous ignorons tout ce qui est arrivé à notre globe, et tout ce qui peut lui arriver encore. Mais en partant des faits connus, et en suivant les analogies, voilà ce que nous pouvons dire sur sa température.

1°. *Newton*, *Euler*, et plusieurs autres grands géomètres, croient que dans la suite des siècles la terre peut s'approcher du soleil: première cause qui pourroit augmenter la chaleur à la surface de la terre.

2°. L'apogée du soleil arrive aujourd'hui dans les premiers jours de juillet, et son périgée dans les premiers jours de janvier.

Mais dans quarante à cinquante mille ans, l'apogée se trouvera au solstice d'hiver, et le périgée au solstice d'été.

L'été, toutes choses égales d'ailleurs, sera donc à cette époque plus chaud, et l'hiver plus froid qu'aujourd'hui.

3°. Un des autres élémens de la chaleur de la terre est l'état de sa surface. Des terreins humides, couverts de bois, de lacs, d'eaux stagnantes, de mers..... sont en général plus froids que des terreins nus, formés de terres, de sables, de pierres....

Les montagnes sont plus froides que les plaines...

Or, dans ce moment, la surface de la terre est plus cultivée, l'homme abat les forêts, dessèche les marais, resserre le cours des fleuves...

Les lacs diminuent ainsi que les mers...

Les montagnes s'abaissent journellement.

Ces causes doivent donc rendre moins froide la température du globe.

4°. La densité de l'atmosphère est un autre élément de la chaleur à la surface du globe.

Or, l'atmosphère est maintenant moins chargée de vapeurs, puisque les terreins humides, les forêts, les eaux, les lacs, les mers perdent journellement...

Cette densité de l'atmosphère doit diminuer de plus en plus, puisque toutes ces causes, dont nous venons de parler, diminuent journellement.

5°. La densité de l'atmosphère diminue encore par l'action d'une cause plus générale. Nous avons vu que tout porte à croire que la hauteur de l'atmosphère étoit beaucoup plus considérable après la formation du globe qu'elle ne l'est aujourd'hui, parce qu'il s'est combiné et qu'il se combine journellement une grande quantité d'air dans les substances qui forment les nouvelles couches de la terre.

6°. Dans la formation des nouvelles couches de la terre, il se combine une grande quantité de calorique. Tous les acides de nouvelle formation, tels que le sulfurique, le marin, le nitrique, le phosphorique, le boracique, le carbonique.... qui sont si abondans, comme nous le verrons, contiennent une grande quantité de calorique, qui s'y combine, et qui ne produit plus de chaleur. Il en est de même des alkalis.

Toutes les autres substances de ces nouvelles couches, telles que les différentes espèces de terres, les débris des matières végétales et animales, comme les charbons, les bitumes, les tourbes, les coquilles, les ossemens... renferment aussi beaucoup de calorique combiné.

Les substances métalliques de nouvelle formation en absorbent également.

Toutes ces nouvelles productions absorberont donc des quantités immenses de calorique.

7°. Mais ces substances se décomposent journellement ; et dans leur décomposition il se dégagera des portions de calorique, qui jouiront un instant de leurs propriétés de produire de la chaleur. Il est vrai que ces décompositions sont peu de chose relativement aux nouveaux composés qui entrent dans les couches de nouvelle formation.

8°. Nous verrons qu'il est très-probable qu'une partie des eaux de la surface du globe s'élève dans les hautes régions de l'atmosphère, et se répand, ou dans les fluides qui remplissent les espaces célestes, ou sur les autres globes. Or, cette évaporation doit ôter au globe de la terre une grande quantité de calorique.

Voilà donc une multitude de causes qui doivent influer sur la température de notre globe.

Il seroit difficile d'en calculer les effets, parce que nous ignorons quelle peut être leur intensité de chacune en particulier ; néanmoins, leur résultat général doit augmenter le refroidissement du globe.

Mais ne peut-il pas y avoir une cause intérieure et propre au globe, qui puisse rehausser sa chaleur ?

Nous n'en connoissons point d'autre que l'inflammation spontanée des différens corps combustibles qu'elle renferme, bitumes, tourbes,

bois fossiles, pyrites..... Ces dernières s'enflamment et communiquent l'embrasement aux autres substances.

Y a t-il une assez grande quantité de ces matières combustibles, pour que tout le globe puisse s'enflammer ? C'est ce que nous examinerons ailleurs.

DU CALORIQUE AUTOUR DES AUTRES GLOBES.

§. 780. Les soleils, les planètes et les comètes, ont également toutes une plus ou moins grande quantité de calorique. Car ces corps ont été, comme notre globe, liquides dans l'origine; ce qui suppose la liquidité des principes dont ils sont formés. Or, point de liquidité sans chaleur : voilà tout ce que nous pouvons dire en général.

Mais les soleils se sont enflammés, ou dans le moment de leur formation, ou postérieurement ; par cette inflammation, ils sont devenus des foyers immenses du calorique. On en peut juger par le nôtre, dont les rayons lumineux portent une si grande chaleur sur notre globe, malgré la distance considérable qu'il y a entre ces deux corps.

Quant aux planètes et aux comètes, nous ignorons quelle a été l'intensité de leur chaleur primitive, quel est le degré de leur refroidissement,

actuel... mais elles sont soumises à la chaleur des soleils.

On suppose, en général, que nos planètes sont d'autant plus échauffées par cet astre, qu'elles en sont plus proches. Ainsi Mercure en reçoit le plus de chaleur; ensuite Vénus, la Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Herschel. Cette chaleur du soleil doit donc diminuer leur refroidissement, ou au moins le rallentir.

Mais d'un autre côté nous savons que l'action de la chaleur du soleil sur notre globe est proportionnelle à la densité de l'atmosphère; c'est une des causes qui fait qu'elle est plus grande dans les plaines que sur les montagnes. Par conséquent, si la densité des atmosphères des planètes éloignées, telles que Herschel, Saturne, Jupiter..... étoit beaucoup plus considérable que celle de Mercure, de Vénus..... le soleil échaufferoit plus les premières proportionnellement que ces dernières.

Une autre considération doit entrer dans ce calcul du refroidissement des planètes; c'est la masse. Jupiter, par exemple, a 1960 fois plus de masse que Mercure, toutes choses égales d'ailleurs; il se refroidira donc beaucoup plus lentement que cette dernière planète.

Toutes ces données font voir que, quand même on supposeroit que dans le principe les planètes

ont eu à-peu-près le même degré de chaleur, il seroit difficile de calculer leur refroidissement respectif.

Les mêmes raisonnemens doivent s'appliquer aux comètes. Mais leur excentricité étant très-considérable, elles se refroidissent beaucoup à leur aphélie, et s'échauffent à leur périhélie. Ce refroidissement et cette chaleur doivent être proportionnés à la nature de chacun de ces astres, à celle de leur atmosphère.....

DU CALORIQUE DANS LES ESPACES CÉLESTES.

§. 781. Le calorique étant un fluide aussi expansif que tous les phénomènes le prouvent, doit se dilater sans cesse : cette dilatation sera d'autant plus grande, qu'il trouvera moins de résistance. Or, nous avons vu que l'air atmosphérique est un très-mauvais conducteur de la chaleur. Le calorique se répandra donc avec difficulté dans cet air, qui comprimera sa force expansive; et il sera plus dense à la surface des grands globes.

Mais dans les régions où l'air atmosphérique aura peu de densité, le calorique n'aura plus les mêmes obstacles à vaincre, et il jouira pour lors de toute sa force expansive.

Il faut convenir qu'en même-temps il n'aura

plus la même énergie. Il sera pour lors dans le même cas que le fluide électrique et tous les autres fluides, dont l'action est d'autant plus vive qu'ils ont plus d'obstacles à vaincre.

Nous devons conclure de tous ces faits, que le calorique, par sa force expansive, doit remplir tous les espaces célestes ; mais qu'il y a peu d'énergie, en proportion de celle dont il jouit à la surface des grands globes.

Une autre conséquence que nous en devons tirer, est qu'il y a beaucoup plus de rareté qu'auprès de notre globe ; car ce fluide ayant une aussi grande force expansive est compressible, ses couches inférieures seront donc comprimées par les couches supérieures. Les autres fluides, tels que l'air, le fluide électrique, le fluide magnétique, pourront aussi le comprimer.

Cette densité du calorique, à la surface de la terre, sera une des causes de la chaleur qu'on y observe, constamment plus grande, toutes choses égales d'ailleurs, que dans les hautes régions de l'atmosphère ou sur les montagnes.

DU FLUIDE LUMINEUX.

§. 782. Deux opinions principales partagent les physiciens sur la nature du fluide lumineux. Les uns avec l'école d'*Épicure*, pensent que ce fluide

est une émanation continuelle des corps lumineux, qui lancent au loin une portion de leurs substances. Voici comment *Lucrèce* rend cette opinion, *lib. 5*.

Ut noscas, splendore novo, res semper egere,
Et primum jactum fulgoris quemque perire;
Nec ratione alia res posse in sole videri,
Perpetuo ni suppeditet lucis caput ipsum.

. . . .

Sic igitur solem, lunam, stellasque putandum
Ex alio atque alio lucem jactare subortu,
Et primum quidquid flammaï perdere semper,
Inviolabilia hæc ne credas forte vigere.

«D'où vous devez conclure que les corps ont » toujours besoin d'un éclat nouveau; que chaque » rayon meurt en même temps qu'il naît, et qu'il » seroit impossible d'appercevoir les objets sans » les écoulemens continuels de la source du jour... » Ainsi, bien loin de regarder le soleil, la lune et » les étoiles, comme des corps inaltérables, vous » devez croire qu'ils ne nous éclairent que par des » émissions successives et toujours perdues».

Newton ayant admis dans les espaces célestes le vide qu'y supposoient les *épicuriens*, a été obligé de suivre leur doctrine sur la nature de la lumière, et de regarder cette lumière comme une émission du corps lumineux. « Les rayons de lu» mière, dit-il, ne sont-ils pas de fort petits cor-

»puscules, élancés ou poussés hors des corps lu-»mineux»? (*Optique*, *Question XXIX.*)

Ce grand géomètre embrassa ce système principalement pour éviter la résistance que produiroit un fluide d'une certaine densité sur les mouvemens des corps célestes.

Mais un fluide qui s'écouleroit en courans continuels, dans toutes sortes de directions, avec une vîtesse capable de parcourir 33 millions de lieues en 8 minutes, comme *Newton* est obligé de le supposer, n'opposeroit-il pas un plus grand obstacle aux mouvemens des astres, que s'il étoit en repos? Certainement, lorsque l'air atmosphérique est agité comme dans les grands vents, il oppose aux corps qui le traversent, plus de résistance que lorsqu'il est tranquille. Car ce fluide lumineux s'écoulant continuellement, et en toutes sortes de directions, doit remplir entièrement les espaces célestes. Par conséquent on a dans ce système une espèce de plein, qui oppose aux corps qui s'y meuvent plus de résistance que ne le feroit un fluide aussi rare, qui n'éprouveroit qu'un mouvement d'oscillation.

D'ailleurs, comment concevoir que le soleil et les autres corps lumineux, dont *Newton* suppose la force attractive si puissante, puissent lancer avec une telle vîtesse des corps aussi petits qu'il suppose les molécules du fluide lumineux, et qui

sont obligés de traverser l'atmosphère solaire, les atmosphères des planètes, des comètes.....? comment tous ces courans qui se croisent en mille sens, ne se dévient-ils jamais, tandis que nous voyons tous les courans des fluides connus, tels que les vents..... se dévier lorsqu'ils s'entrechoquent ?

Enfin, les soleils devroient s'épuiser par une pareille émission. *Euler* a fait voir par le calcul que cette perte seroit très-considérable, d'après les suppositions même les moins fortes.

§. 783. Tous ces motifs ont engagé plusieurs autres physiciens d'abandonner le système de l'émission du fluide lumineux. *Descartes, Leibnitz, Euler,* pensent qu'il existe un fluide très-rare, très-élastique...... répandu dans tout l'espace qui est entre les corps célestes. Ce fluide est ébranlé par les corps lumineux, à-peu-près de la même manière que l'est l'air par le corps sonore; et il transmet la lumière comme l'air transmet les sons.

Newton a fait différentes objections, pour faire voir qu'il y avoit quelques différences entre la propagation de la lumière et celle des sons. La lumière, par exemple, se propage toujours en ligne droite, et les sons se propagent en toutes sortes de directions... Mais *Euler* a fait voir que les

sons se propageoient comme la lumière, en partant d'un centre commun par des rayons divergens; et si l'on ne voit pas les objets derrière les corps opaques, comme l'on entend les sons derrière tous les corps, c'est que les rayons lumineux ne traversent pas les corps opaques, au lieu que les sons traversent tous les corps.

§. 784. Enfin *Newton*, qui, en admettant le système de l'émission, vouloit avoir un vide dans les espaces célestes, a été obligé de reconnoître postérieurement que ces espaces étoient occupés par un fluide subtil, et que les corps célestes pouvoient s'y mouvoir. « Les planètes, dit-il, les » comètes, et tous les corps massifs, ne peuvent- » ils pas se mouvoir plus librement, et trouver » moins de résistance dans ce milieu éthéré que » dans aucun fluide, qui remplit entièrement tout » l'espace, sans laisser aucun pore »? (*Optique, Question XXII.*)

Le fluide lumineux est donc très-subtil, très-rare, et par conséquent oppose peu de résistance aux mouvemens des corps qui le traversent; ses molécules sont sphériques, puisqu'elles se réfléchissent sous un angle égal à celui d'incidence, et cette réflexion prouve sa grande élasticité. Néanmoins, cette élasticité n'est pas aussi considérable qu'elle pourroit être, puisque la lumière demeure

8 minutes à venir du soleil à la terre; au lieu que ce mouvement seroit presque instantané, si le fluide lumineux étoit parfaitement élastique.

§. 785. Pour estimer la rareté et l'élasticité de ce fluide, il faut employer la formule du §. 641; savoir, que la vîtesse des vibrations d'un milieu élastique est comme la racine quarrée de l'élasticité de ce fluide, multipliée par sa rareté $V = \sqrt{m\ n}$.

Or, la vîtesse de la lumière est environ 1 million de fois plus prompte que celle du son; car le son parcourt en une seconde 1080 pieds ou 180 toises, et par conséquent environ 33 lieues en 8 minutes.

La lumière parcourt plus de 34 millions de lieues dans cette même durée de 8 minutes; sa vîtesse surpasse donc plus d'un million de fois celle du son.

Appelant m l'élasticité du fluide lumineux, n sa rareté, V sa vîtesse, nous aurons $V = \sqrt{m\ n}$, ou $m\ n = 1000000 + 1000000$; c'est-à-dire, son élasticité, multipliée par sa rareté, sera égale le quarré de sa vîtesse $= 1000\ 000\ 000\ 000$, ou un trillon de fois plus grande que l'élasticité et la rareté de l'air.

Si on connoissoit un des deux termes, savoir

l'élasticité, ou la rareté du fluide lumineux, on connoîtroit aussi-tôt l'autre.

Mais l'une et l'autre sont également inconnues, et on ne peut les estimer que par approximation.

Euler (1) suppose l'élasticité du fluide lumi-

---

(1) Voici ses données (*Theoria lucis et colorum*, §. *XLVI*) :

La lumière demeure 8′ à venir du soleil à la terre ; le son parcourt 1040 pieds en une seconde, ou 500000 pieds en 8′ : la vîtesse du son sera donc à celle de la lumière comme 500000 pieds sont à la distance moyenne de la terre au soleil. Il estime cette distance = 15868 demi-diamètres de la terre, ou 311334300000 pieds. Il trouve le rapport de la vîtesse du son à celle de la lumière, comme 1 à 622468. Mais par la loi de la vîtesse des ébranlemens des fluides élastiques, on a $V = \sqrt{mn}$. Ici la vîtesse est 622468 ; donc $mn = 387467100000$; c'est-à-dire, que le produit de l'élasticité du fluide lumineux, par sa rareté, seroit 387 billions ; et en supposant l'élasticité du fluide lumineux 1000 fois plus considérable que celle de l'air, ce fluide seroit 387 millions de fois plus rare que l'air.

Mais il y a quelques erreurs dans les données d'*Euler*. Il suppose la vîtesse du son 1040 ; on la croit aujourd'hui 1080. Il suppose la distance du soleil de 15868 demi-diamètres de la terre, ou 22473055 lieues ; on la suppose aujourd'hui de 34357480 lieues : d'où on aura la vîtesse de la lumière un million de fois plus considérable que celle du son. Ce qui donne le produit de l'élasticité et de la

neux (ou éther) 1000 fois plus considérable que celle de l'air. « Si l'élasticité de l'éther est la cause » de la cohésion, de la dureté et du ressort des » corps terrestres, comme il paroît très-vraisem- » blable, il faut bien supposer que son élasticité » soit pour le moins 1000 fois plus grande que celle » de l'air ». (*Résistance des fluides.*)

D'après cette hypothèse, la rareté du fluide lumineux seroit 1 billion de fois plus grande que celle de l'air.

Et l'air atmosphérique étant environ 4000 fois plus rare que notre globe, il s'ensuit que le fluide lumineux seroit 4 trillions de fois plus rare que le globe de la terre. Il est vrai que rien ne prouve que l'élasticité du fluide lumineux soit 1000 fois plus considérable que celle de l'air; elle peut l'être plus, elle peut l'être moins.

Mais en admettant cette hypothèse, on voit que la résistance qu'un pareil fluide opposera aux corps qui le traverseront, sera comme nulle.

Il y a encore une autre cause qui doit diminuer cette résistance. Nous avons vu (§. 640.) qu'un fluide, dont les molécules sont agitées d'un mouvement intérieur giratoire, oppose beaucoup moins de résistance aux corps qui le traversent,

---

rareté du fluide lumineux beaucoup plus considérable que ne le supposoit *Euler*.

que si ces molécules étoient en repos; or, les molécules du fluide lumineux sont sans cesse agitées d'un pareil mouvement.

Du mouvement de fluidité du fluide lumineux.

§. 786. Chaque molécule du fluide lumineux a un mouvement propre, un mouvement giratoire, comme celui de tous les autres fluides.

Ce mouvement propre leur fait exercer les unes sur les autres, une pression plus ou moins considérable; elles agissent et réagissent mutuellement par leur élasticité, ce qui les oblige à occuper le moins de place possible, et à chercher sans cesse à se mettre en équilibre.

Ces molécules sont sphériques : c'est ce que prouvent les loix de leurs réflexions et de leurs réfractions.

Du mouvement de dissolution du fluide lumineux.

§. 787. Le fluide lumineux est susceptible, comme toutes les autres espèces de fluides, de dissoudre les corps, et d'en être dissous: il en est dissous lorsqu'il se combine avec eux; et nous savons qu'il est un des principes des corps organisés et des minéraux : il les dissout lorsque, dans l'incandescence, les corps solides sont rendus fluides

ou réduits à l'état aériforme, et que le fluide lumineux combiné dans ces corps s'en dégage.

De l'expansibilité du fluide lumineux.

§. 788. Le fluide lumineux étant très-élastique, est-il expansif et compressible? peut-on dire que, comme l'air atmosphérique, il soit beaucoup plus dense à la surface des grands globes qu'à une certaine distance de cette surface?

Où ce fluide, étant très-rare, est-il repoussé loin de la surface de ces globes, par les airs et les autres fluides qui en forment les atmosphères? Nous manquons de faits pour résoudre cette question; mais sa grande subtilité doit lui faire traverser facilement tous les autres fluides.

Le fluide lumineux peut-il être dilaté par la chaleur, et condensé par le froid? Aucun fait ne peut résoudre cette question; mais suivant l'analogie, ce fluide doit suivre, à cet égard, les loix de tous les autres corps.

Des courans dans le fluide lumineux.

§. 789. Ce fluide peut-il éprouver des mouvemens de transport comme l'air et l'eau? peut-il s'y exciter des courans comme dans tous les autres fluides?

Nous n'avons que des analogies sur la nature de

ce fluide, et des analogies très-foibles. Néanmoins, en partant de ces analogies, il seroit bien difficile de ne pas croire que ce fluide peut éprouver les mêmes mouvemens que les autres fluides, et qu'il peut s'y exciter également des courans : ces courans sont très-considérables dans l'océan et dans l'atmosphère. Il paroît pareillement que les fluides électrique, magnétique et calorique, sont sujets à des courans dans certaines circonstances. La même chose doit donc, suivant les analogies, avoir lieu pour le fluide lumineux.

Ce ne seront néanmoins que des courans particuliers et locaux; car nulle cause ne paroît devoir lui donner des mouvemens généraux et constans, comme aux autres fluides dont nous avons parlé : ceux-ci sont attachés à des globes particuliers, en suivent les mouvemens, et en reçoivent toutes les impressions de chaud, de froid.....

Mais ceci ne peut avoir lieu pour le fluide lumineux, qui est répandu dans tout l'espace; il ne peut donc éprouver que des mouvemens locaux dans quelques parties, et jamais de mouvemens généraux.

Les mouvemens des grands globes qui le traversent, comme les planètes, les comètes, et celles des étoiles qui ont un mouvement assez prompt, tels qu'*arcturus*, doivent lui imprimer des mouvemens particuliers, comme le font tous

les corps qui traversent des fluides, et qui se meuvent au milieu d'eux et dans leur sein.

§. 790. Les différentes températures de ces globes dans leurs diverses positions, pourront encore imprimer au fluide lumineux des mouvemens particuliers. Une comète, par exemple, qui vient de son aphélie, a une température très-froide; elle devient brûlante à son périhélie. Lorsqu'elle traverse le fluide lumineux dans ces deux états, elle doit causer dans les parties qui la touchent, des condensations et des dilatations alternatives.

Du mouvement de réfraction du fluide lumineux, ou *de la catoptrique.*

§. 791. Tous les fluides, ou pour mieux dire, tous les corps, en passant d'un milieu dans un autre, changent de direction, et sont réfractés d'une quantité plus ou moins considérable. Un boulet de canon, une balle de mousquet, une pierre, se réfractent en entrant de l'air dans l'eau; mais cette réfraction dépend entièrement de la figure des corps. *D'Alembert*, dans son Traité des fluides, a fait voir qu'il n'y avoit que les corps parfaitement sphériques qui, en passant d'un milieu dans un autre plus ou moins dense, s'éloignas-

sent ou s'écartassent de la perpendiculaire, suivant des loix fixes; or, la réfraction de la lumière a des loix constantes, d'où il s'ensuit que les parties du fluide lumineux doivent être sphériques.

Mais la réfraction de la lumière offre un phénomène particulier; c'est qu'elle se fait dans un sens opposé à celle des autres corps. Ceux-ci, en passant d'un milieu rare dans un milieu dense, s'éloignent de la perpendiculaire, au lieu que les rayons de lumière s'en approchent.

Newton attribue cette déviation à la force attractive du fluide réfringent.

Mais ne peut-on pas plutôt dire que l'air est moins perméable au fluide lumineux que les autres corps? L'expérience a démontré que le calorique traverse avec moins de facilité l'air atmosphérique que les autres corps : il en est de même du fluide électrique. Or, le fluide lumineux et le calorique ont les plus grands rapports; le fluide électrique a aussi beaucoup de qualités communes avec le lumineux. Il ne sera donc pas surprenant que l'air atmosphérique soit moins perméable au fluide lumineux, comme il l'est moins au fluide électrique et au fluide calorique, que les autres corps.

Du mouvement de réflexion du fluide lumineux,
ou *de la dioptrique.*

§. 792. C'EST par le moyen du mouvement de réflexion du fluide lumineux, que nous appercevons les objets et les couleurs. Les corps ne sont visibles pour nous qu'en réfléchissant les rayons de lumière qui les éclairent.

Cette réflexion est toujours sous un angle égal à celui d'incidence, de quelque nature que soit le corps sur lequel elle s'opère. Les corps qui ont le moins d'élasticité, ceux qui sont les plus mols, réfléchissent la lumière sous le même angle que ceux qui sont doués de la plus grande élasticité.

Cette réflexion de la lumière est à-peu-près semblable à la réflexion des sons dans les échos.

On en a conclu que les molécules de lumière sont sphériques; parce qu'il est prouvé qu'il n'y a que des molécules sphériques qui puissent se réfléchir constamment sous un angle égal à celui d'incidence.

Nous ne suivrons point ici les loix de la réflexion de la lumière dans les miroirs plans, ou convexes, ou concaves; elles sont l'objet d'une science très-certaine, puisqu'elle est toute fondée sur le calcul: c'est la dioptrique. Mais la réflexion de ces rayons offre des phénomènes particuliers.

1°. Des rayons de lumière peuvent être réflé-

chis tels qu'ils sont arrivés sur le corps réfléchissant, sans changer de couleurs. C'est ainsi qu'ils sont réfléchis par un miroir, qui les renvoie avec leurs différentes couleurs, tels qu'ils sont arrivés; c'est-à-dire que la force de leurs vibrations n'est point changée.

2°. Ces rayons peuvent être réfléchis seulement en partie. Lorsqu'il tombe un faisceau lumineux sur un corps coloré, il ne renvoie que les rayons qui sont de sa couleur, et quelques autres analogues; et tous les autres sont absorbés.

Du mouvement d'oscillation du fluide lumineux.

§. 793. Le mouvement du fluide lumineux, qui est le plus sensible pour nous, est celui qui lui est communiqué par le choc; il le reçoit du corps lumineux de la même manière que l'air est ébranlé par le corps sonore. Ce mouvement dans l'air nous fait entendre des sons, et dans la lumière il nous fait voir des couleurs.

Les mouvemens des sons et ceux de la lumière se propagent l'un et l'autre en rayons divergens, dont les corps lumineux et les corps sonores sont les centres.

§. 794. Tous les phénomènes de la vision s'expliquent facilement dans cette hypothèse. Les

rayons lumineux se croisent continuellement sans se déranger, ainsi que le font les rayons sonores. On voit au travers d'un trou d'épingle, l'horison le plus varié et le plus étendu, comme on entend les sons les plus variés, à travers un semblable trou qu'on supposeroit fait au mur d'une tour fort épaisse. La cause de ces phénomènes se trouve toujours dans la nature du choc des fluides élastiques.

Il seroit, au contraire, fort difficile, dans le systême de l'émission, de concevoir comment un aussi grand nombre de courans du fluide lumineux pourroit traverser ce trou d'épingle sans se nuire mutuellement; car nous voyons que les courans des fluides, tels que les vents, se dévient constamment lorsqu'ils s'entrechoquent.

DES COULEURS.

§. 795. De célèbres physiciens pensent que chaque rayon de lumière a une couleur particulière, et que lorsqu'ils sont réunis, ils donnent la couleur blanche; mais chacun de ces rayons colorés est différemment réfrangible. *Antonio de Solis* est un des premiers qui, depuis le renouvellement des sciences, se soit apperçu de cette différente réfrangibilité des rayons lumineux. *Descartes* confirma cette opinion par plusieurs

expériences ; mais ce fut *Newton* qui en donna tous les développemens.

Il introduisit un rayon de lumière dans une chambre obscure, et le fit passer à travers un prisme. L'image s'alongea ; et au lieu d'avoir un rayon blanc, il eut un spectre composé d'un grand nombre de couleurs, dans lesquelles il distingua le rouge, l'orangé, le jaune, le vert, le bleu, l'indigo et le violet; d'où il conclut, 1°. que chaque rayon blanc étoit composé de sept rayons principaux, qui avoient chacun une couleur particulière, et que leur réunion formoit le rayon blanc; 2°. que chacun de ces sept rayons avoit une différente réfrangibilité ; 3°. enfin que le noir étoit l'absence de toute couleur.

§. 796. On a avancé dans ces derniers temps, qu'il n'y avoit dans le spectre solaire que trois couleurs principales, le rouge, l'orangé et le bleu ; dont le mélange forme toutes les autres couleurs.

Quoi qu'il en soit de cette hypothèse, il est certain qu'avec ces trois couleurs on peut à-peu-près composer toutes les autres. Le jaune n'est qu'une nuance de l'orangé, le jaune et le bleu donnent le verd, l'indigo est un bleu foncé, et le violet un mélange de bleu et de rouge. On pourroit peut-être regarder l'orangé comme un mélange de

rouge et de jaune; et pour lors le jaune seroit une des trois couleurs principales.

Quant au noir, il y en a une partie qui certainement n'est qu'un bleu foncé. Toutes les préparations martiales qui donnent des couleurs noires, telles que celles qui forment l'encre, sont un bleu foncé. Si on délaye une goutte d'encre dans de l'eau, on a du bleu. Toutes les parties des végétaux qui paroissent noires, telles que les baies des fruits, sont dans le même cas; ainsi ces couleurs noires ne sauroient être regardées comme des privations de lumière.

On compare ordinairement au noir l'obscurité, qui est une privation de lumière; mais cette obscurité n'est pas du noir. Qu'on fixe bien le corps qu'on croit le plus noir; que les yeux bien reposés on entre dans un lieu parfaitement obscur, on verra que ce sont deux sensations absolument différentes.

Il reste le charbon qu'on obtient par la combustion des matières animales et végétales : il est toujours noir. Mais pour éclaircir davantage cette matière, envisageons les choses sous le coup-d'œil le plus étendu, et ayons recours à la chimie, qui nous présentera sur cette matière les faits les plus intéressans. Voyons d'abord ce qui se passe par rapport aux substances métalliques.

La couleur du fer est d'un gris blanchâtre;

mais si on expose ce fer sur des charbons ardens avec certaines précautions, il devient d'un bleu plus ou moins foncé; enfin, en poussant plus loin l'opération, il devient presque noir : c'est ce qu'on appelle fer bronzé.

La plupart des métaux exposés de même à la flamme des charbons deviennent bleuâtres.

Si on réduit le fer en limaille, et qu'on le chauffe jusqu'à l'inflammation, ou jusqu'à le tenir long-temps rouge, il prend la couleur noire, et acquiert beaucoup de poids, par la grande quantité d'air pur qu'il absorbe.

Le fer exposé à l'action des acides, ou en se rouillant, acquiert du poids, et devient jaune.

Si on calcine cette ocre jaune, elle acquiert du poids, et devient rouge, et enfin noirâtre.

On a encore des oxides de fer qui sont blancs.

Le plomb offre a-peu-près les mêmes phénomènes. Le premier degré de calcination le réduit en poudre grise; le second degré lui donne une couleur jaune, c'est le massicot; le troisième degré de feu donne de l'oxide rouge, ou le minium.

Le premier degré de calcination du mercure donne de la poudre grise; le second donne un oxide jaune. Lorsqu'on distille le nitre mercuriel, une portion se sublime en oxide jaunâtre; enfin, le troisième degré donne de l'oxide rouge, appelé précipité rouge.

La plupart des métaux présentent des phénomènes analogues à ceux-ci.

Or, il est prouvé aujourd'hui,

1°. Que les oxides rouges, tels que le minium, contiennent une très-grande quantité d'air pur;

2°. Que les oxides jaunes, tels que le massicot, en contiennent moins;

3°. Que les oxides gris ont encore une moindre quantité d'air pur que les jaunes;

4°. Que les oxides blancs, tels que celui d'étain, sont très-difficiles à réduire, et doivent par conséquent contenir une bien plus grande quantité d'air pur que les autres oxides.

Mais ces oxides métalliques, en acquérant une plus ou moins grande quantité d'air pur, perdent plus ou moins du principe combustible.

Les oxides bleus conservent beaucoup de ce principe combustible, et ont peu d'air pur. Nous avons même vu que souvent les métaux acquièrent cette couleur bleue sans éprouver de calcination.

Les oxides gris ont un peu plus perdu du principe combustible, et acquis davantage d'air pur.

Les oxides jaunes ont encore plus perdu du principe combustible, et acquis une plus grande quantité d'air pur.

Les oxides rouges ont plus d'air pur et moins de principe combustible que les oxides jaunes.

Enfin, les oxides blancs ont encore une plus

grande quantité d'air pur, et conservent très-peu du principe combustible.

Quant aux oxides qui paroissent noirs, ils ne sont, ainsi que nous l'avons vu, que des modifications des oxides bleus.

Mais je pense que les métaux, en perdant par la calcination le principe combustible, et se combinant avec l'air pur, acquièrent encore un autre principe, le calorique ou causticum, qui est une nouvelle combinaison du feu.

§. 797. TOUTES ces expériences prouvent que les trois couleurs primitives, chez les métaux et leurs oxides, sont dues aux différentes combinaisons du principe combustible, de l'air pur et du causticum.

a La couleur bleue est due à une grande quantité de principe combustible, et à une petite quantité d'air pur et de causticum.

b La couleur jaune est due à une moindre quantité de principe combustible, et à une plus grande d'air pur et de causticum.

c La couleur rouge est due à une plus grande quantité d'air pur et de causticum, et à une petite du principe combustible.

d La couleur blanche est due à une très-grande quantité d'air pur, de causticum, et à très-peu de principe combustible.

Les mêmes phénomènes s'observent dans la combustion des corps végétaux et animaux. Prenons pour exemple la flamme du bois.

1°. La partie inférieure de cette flamme qui est la plus chargée du principe combustible, laquelle est ici de l'air inflammable qui se dégage, est d'un bleu violet.

2°. Cette flamme augmente de force, absorbe plus d'air pur, et devient jaune.

3°. Entre le bleu et le jaune, on distingue souvent du vert, qui est un mélange des deux couleurs.

4°. Un peu au-dessus du jaune, la flamme devient rouge, par l'absorption d'une plus grande quantité d'air pur et une plus grande perte du principe combustible.

5°. La flamme devient blanche dans le *maximum* de l'incandescence, où il y a une plus grande quantité d'air pur absorbée, et plus de combustible consumé.

6°. La portion qui n'est pas consumée est changée en charbon, et la fumée recueillie est aussi du charbon.

Nous voyons donc encore ici :

a La couleur bleue, composée d'une grande quantité du principe combustible, d'une petite portion d'air pur, et de la matière de la chaleur dégagée.

b La couleur jaune, composée d'une moindre quantité du principe combustible, et d'une plus grande d'air pur et de matière du feu dégagée.

c La couleur rouge, composée d'une grande quantité d'air pur et de matière du feu dégagée, et d'une petite portion du principe combustible.

d La couleur blanche, composée d'une très-grande quantité d'air pur et de matière du feu dégagée, et le principe combustible est presque entièrement consumé.

D'après tous ces faits, et une multitude d'autres que nous pourrions rapporter, il paroît que

La couleur bleue est due à la combinaison d'une grande quantité du principe combustible, et d'une petite portion d'air pur et de matière du feu dégagée.

La couleur jaune est due à une combinaison, peut-être en parties égales, du principe combustible d'air pur et de matière du feu dégagée.

La couleur rouge est due à une combinaison d'une grande quantité d'air et de matière du feu dégagée, et d'une petite portion du principe combustible.

La couleur blanche est due à une combinaison d'une très-grande quantité d'air pur et de matière du feu dégagée, avec une très-petite portion du principe combustible; peut-être n'y en a-t-il aucune.

Toutes les couleurs sont détruites par l'air pur, et il rend blancs les corps colorés, comme le prouvent les expériences faites avec l'acide marin oxygéné et les autres acides.

La couleur noire, qui n'est qu'un bleu plus ou moins foncé, sera due à la combinaison d'une très-grande quantité du principe combustible, et d'une très-petite portion d'air pur et de matière du feu.

On peut m'objecter qu'il y a des corps parfaitement blancs qui sont combustibles, tels que le linge, la cire, le camphre.....

J'en conviens; mais il paroît que dans cet état le principe combustible est masqué et caché sous des parties blanches, combinées avec l'air pur, comme le prouvent les corps blanchis par l'acide marin oxygéné, et qui se chargent en couleur par la suite.

On peut encore dire qu'il y a des corps parfaitement blancs, et qui ne contiennent point d'air pur, telles sont les cinq terres, la chaux, l'argile, la magnésie, la baryte, la quartzeuse.

Je réponds que nous ne connoissons pas la nature des terres. Il paroît certain qu'elles ne contiennent point ou peu de principe combustible; mais ne contiendroient-elles pas de l'air pur? On ne pourroit pas le nier pour la baryte, si elle est un oxide métallique, comme on le soupçonne:

au reste, la nature des terres nous est encore absolument inconnue.

§. 798. TOUTES ces couleurs ne sont sensibles pour nous, que parce que les divers corps colorés les réfléchissent jusques dans notre œil. Mais quelle est la cause de cette réflexion ? les opinions sont partagées sur cette matière comme sur la plupart des autres. Voici néanmoins des données dont il ne faut pas s'écarter dans l'explication de ce phénomène.

La lumière est toujours réfléchie sous un angle égal à celui d'incidence, ce qui ne peut être que l'effet d'une élasticité à-peu-près parfaite. Or, toutes les parties des corps qui réfléchissent la lumière ne paroissent pas jouir d'une pareille élasticité : car des corps mols comme le plomb, l'étain... ont peu d'élasticité, et cependant ils réfléchissent la lumière comme les corps les plus élastiques. Il paroît qu'on en doit conclure que cette réflexion n'est point opérée par les parties même des corps.

Nous avons vu que les couleurs paroissent dépendre de trois corps principalement, le principe de la combustibilité, l'air pur et la matière du feu ; or, ces trois substances sont très-élastiques : l'air pur a une grande élasticité, ainsi que le feu. Le principe combustible ne peut être que le feu ou

le fluide lumineux, combiné d'une manière quelconque.

On conçoit dès-lors comment ces trois corps réfléchiront toujours la lumière sous un angle égal à celui d'incidence.

Mais pourquoi réfléchissent-ils tels rayons colorés, et non pas tels autres ?

Newton suppose que la surface des corps est composée de lames transparentes et de différentes épaisseurs. La réflexion du rayon se fait derrière cette lame; le rayon réfléchi traverse donc cette lame, et il y est décomposé comme dans un prisme.

Sans nier que cela puisse avoir lieu quelquefois, il ne paroît pas que cette cause soit générale; car il y a plusieurs corps dont les molécules paroissent sans transparence. Les molécules métalliques paroissent absolument opaques : il faut donc admettre une autre cause.

Les corps colorés, en réfléchissant les couleurs qui leur sont propres, en réfléchissent encore d'autres. Si on fixe un corps coloré exposé au soleil, on y distingue facilement différentes couleurs, qui sont indépendantes de la couleur principale.

a Les corps rouges réfléchissent beaucoup de rayons vers; il s'en mêle quelquefois de jaunes et de bleus.

b Les corps jaunes laissent appercevoir beaucoup de rayons rouges et de verts.

c Les corps verts laissent appercevoir beaucoup de rayons bleus et de jaunes; il s'y mêle aussi toujours du rouge.

d Les corps bleus laissent appercevoir des rayons violets et des verts; quelquefois on y distingue du rouge et du jaune.

e Les corps noirs laissent appercevoir du bleu, du rouge et souvent du violet.

Nous n'étendrons pas plus loin cette énumération. Mais il suffira de dire qu'il n'y a point de corps coloré qui ne laisse appercevoir que la couleur principale : on y distingue toujours un grand nombre d'autres couleurs, qui influent sur plusieurs phénomènes.

Indépendamment de ces rayons réfléchis, un plus grand nombre est absorbé. En général, il faut distinguer trois espèces de rayons dans les corps colorés.

Les uns sont absorbés;

Des seconds sont égarés, c'est-à-dire qu'ils se réfléchissent sous une multitude de directions, parce qu'ils tombent sur des plans inclinés en mille sens. Ce sont ces rayons égarés qui jettent une lumière confuse, sans faire distinguer l'objet.

Enfin, la dernière partie des rayons, la plus

considérable, se réfléchit sous un angle égal à celui d'incidence.

Dans les corps transparens, la partie des rayons qui se réfléchit est la moins considérable, et celle qui s'absorbe l'est davantage. Mais une partie de ces rayons absorbés est réfléchie dans les différentes épaisseurs de ce corps transparent; car s'il est très-épais, les rayons ne peuvent plus le traverser, et il perd sa transparence. On croit que l'eau n'est transparente qu'à 600 pieds de profondeur. L'air, qui paroît si diaphane, perd aussi sa transparence à une certaine profondeur, et il paroît pour lors sous sa vraie couleur, qui est la bleue.

Les corps blancs réfléchissent presque tous les rayons lumineux qui tombent sur eux, et avec la même force qu'ils avoient.

Les corps rouges en absorbent davantage, et ne les réfléchissent pas tous, puisqu'il y en a une portion de perdue.

Les corps orangés, puis les jaunes, les verts, ensuite les bleus, les violets, enfin les noirs, en absorbent toujours de plus en plus; et par conséquent la perte est de plus en plus grande dans la réflexion. C'est ce que *Franklin* a prouvé d'une manière fort ingénieuse.

Il prit des petits morceaux de drap de même grandeur, mais de différentes couleurs : il les

plaça les uns à côté des autres, sur de la neige exposée au soleil; ils furent pénétrés inégalement par les rayons solaires, et acquirent différens degrés de chaleur : ce qu'il reconnut par la manière inégale dont ils s'enfoncèrent dans la neige.

Les blancs acquirent peu de chaleur, et s'enfoncèrent très-peu.

Les rouges en acquirent davantage; ensuite les jaunes et les verts.

Enfin les violets et les noirs furent ceux qui s'enfoncèrent le plus.

D'où *Franklin* conclut avec raison, que les corps blancs réfléchissent la plus grande partie des rayons; tandis que les noirs s'en laissent pénétrer, et les absorbent; et les autres rayons colorés tiennent un milieu entre ces deux extrêmes.

Tous ces faits me paroissent prouver que la couleur des rayons réfléchis ne vient point de ce qu'ils traversent les petites lames des corps, que *Newton* a supposé à tort être toujours transparentes, puisque plusieurs, telles que celles des métaux, sont opaques : mais chaque partie du corps coloré absorbe tels ou tels rayons, et en réfléchit tels ou tels autres. Les corps rouges, par exemple, absorberont tous les rayons, excepté 1°. les rouges, qu'ils réfléchiront en grande quantité; 2°. des verts, des jaunes et des bleus, dont

ils réfléchiront une petite quantité. Il en sera de même des autres corps colorés.

C'est toujours d'après les mêmes principes, qu'on expliquera plusieurs phénomènes curieux que présente la lumière.

1°. Si on lit au soleil, et qu'on soit placé de façon que les rayons du soleil donnent directement sur le livre ou sur les yeux, et qu'on vienne à passer tout de suite dans l'obscurité, on éprouve une impression de vert, dont on n'avoit pas la moindre sensation lorsqu'on avoit les yeux ouverts.

2°. Lorsqu'on a lu long-temps au soleil, et que l'œil est fatigué, les lettres paroissent bleues, et le papier jaunâtre.

3°. Si on a demeuré quelque temps au soleil, et qu'on incline le livre de manière que le rayon le rase, il paroît rougeâtre.

4°. *Franklin* a éprouvé qu'en regardant quelque temps avec des conserves rouges, et les ôtant ensuite, les objets paroissent verts; et réciproquement en regardant long-temps avec des conserves de couleur verte, lorsqu'on les quitte, les objets paroissent rouges.

Pour concevoir ces phénomènes, et plusieurs autres analogues, il faut se ressouvenir que tous les sens, et l'œil particulièrement, conservent plus ou moins de temps une impression vive.

C'est pourquoi on croit entendre, pendant plusieurs heures, un son qui a affecté très-vivement. Un charbon embrasé, tourné en rond avec vivacité, représente à l'œil un cercle de feu.

2°. Les objets colorés ne réfléchissent point un seul rayon, une seule couleur; mais cette couleur principale est mêlée de beaucoup d'autres : d'où il arrive que lorsque les unes sont effacées, les autres subsistent encore. Dans l'expérience de *Franklin*, par exemple, le vert succède au rouge, et le rouge au vert; parce que les objets colorés en rouge réfléchissent beaucoup de rayons verts, et que les objets colorés en vert réfléchissent beaucoup de rayons rouges.

§. 799. Il nous reste maintenant à rechercher la cause des diverses couleurs des rayons de lumière.

Newton a supposé que les rayons lumineux étoient tous colorés différemment; qu'il y en avoit de rouges, d'orangés, de jaunes, de verts, de bleus, d'indigo, et de violets; que la réunion de toutes ces couleurs donnoit le blanc, et que le noir étoit la privation de toute couleur. Il appuya cette théorie par les belles expériences qu'il fit avec le prisme. Il prit un rayon coloré, par exemple, un rayon rouge qu'il sépara du spectre solaire, et le fit passer par d'autres prismes. Il n'obtint jamais que du rouge; chacun des autres

rayons colorés lui présenta les mêmes phénomènes : d'où il conclut que chaque rayon avoit une couleur particulière.

Plusieurs autres physiciens, et particulièrement *Euler*, ont soutenu une opinion opposée. Comparant tous les phénomènes de la lumière à ceux des sons, les couleurs, disent-ils, sont le produit des oscillations dans le fluide lumineux, comme les sons le produit des oscillations de l'air. Un son aigu est produit par des oscillations très-rapides du corps sonore, lesquelles en produisent d'également accélérées dans l'air ; tandis que les oscillations qui produisent les sons graves, sont moins précipitées.

Les couleurs varieront également en raison de la fréquence ou rapidité des vibrations qu'elles excitent dans le fluide lumineux.

La couleur rouge dépend des vibrations les plus rapides.

Suit l'orangée,

La jaune,

La verte,

La bleue,

L'indigo,

Et la violette. Celle-ci sera produite par les vibrations les moins rapides.

On pourroit ainsi former une espèce d'échelle des couleurs.

Et comme entre les tons principaux, on distingue des demi-tons, des quarts de ton..... on observe les mêmes nuances dans les couleurs....

Un ton a ses différens sons harmoniques; savoir le $\frac{1}{12}$ et $\frac{1}{17}$, ou la tierce et la quinte.

Nous avons vu que les couleurs principales sont toujours également accompagnées de couleurs accessoires, qu'on pourra parvenir à calculer.

On est parvenu à calculer les nombres des vibrations respectives qui donnent les différens tons: on pourra peut-être calculer les vibrations respectives qui donnent les différentes couleurs.

La vîtesse du son est la même, qu'il soit fort, ou qu'il soit foible.

La vîtesse du rayon coloré est aussi la même, quelle que soit sa couleur. La différence des couleurs et des tons ne provient que de la fréquence des oscillations dans l'air et dans le fluide lumineux.

Mais, objectent les Newtoniens, comment expliquer, dans ce systême, les sept couleurs que donne le prisme?

Euler suppose que les vibrations des corps lumineux, tels que le soleil et les corps incandescens, n'ont pas toutes la même intensité. On apperçoit dans les corps brûlans, par exemple dans une bougie allumée, un *maximum* d'incandescence, qui va en décroissant jusqu'à de cer-

taines limites. Cette incandescence se ranime jusqu'au *maximum*, et rediminue de nouveau. Ces différens degrés de vibration causeront dans le fluide lumineux des ébranlemens de différentes forces : ce seront ces oscillations, plus ou moins intenses, qui produiront la diversité des couleurs du spectre solaire.

Et lorsque tous ces rayons colorés seront réunis, ils donneront la couleur blanche, qui dépendra par conséquent du mélange de ces oscillations diverses : *A certa variorum inter pulsus intervallorum permixtione*, dit *Euler*.

Ce faisceau blanc, composé des divers rayons colorés, arrivant sur le prisme et le traversant, y souffre différens degrés de réfraction, à raison de la fréquence des oscillations de chaque rayon. Ceux dont les oscillations sont les plus fréquentes éprouvent une moindre réfraction, ce sont les rouges; et ceux dont les oscillations sont les moins fréquentes, tels que les violets, éprouvent la plus grande réfraction.

Le faisceau blanc tombe-t-il sur un corps coloré? ce corps réfléchira tel rayon principal, et tels autres accessoires ; il absorbera tous les autres.

Ce sentiment d'*Euler* me paroît beaucoup plus vraisemblable que celui de *Newton*.

Il s'ensuit que le corps coloré, qui réfléchit telles

ou telles couleurs, se comporte comme tout corps élastique qui est choqué. Nous avons vu qu'un bloc de marbre qui est choqué, fait des vibrations pour renvoyer le corps choquant. La même chose aura donc lieu relativement aux molécules du corps coloré qui réfléchit des rayons de lumière ; elles éprouveront différentes vibrations ; et ces vibrations seront différentes en raison des couleurs, comme elles le sont dans le corps lumineux lui-même.

Les corps qui réfléchiront la masse entière du rayon lumineux seront blancs.

§. 800. Le fluide lumineux a une grande influence dans les phénomènes géologiques : il se combine dans la plupart des corps terrestres, dont il devient un des principes constituans, ainsi que nous l'avons vu.

Lors de la décomposition de ces corps, par exemple, de leur combustion, il se dégage pour rentrer dans la masse générale.

Ce fluide, par sa grande subtilité, pénètre jusques dans l'intérieur du globe, et y concourt sans doute à plusieurs phénomènes que nous ignorons encore, mais que nous pouvons supposer, d'après les effets que nous voyons chaque jour produits par le fluide lumineux.

Ce fluide paroît influer sur les substances qui

cristallisent ; car des cristallisations opérées dans un lieu obscur, et qui n'est éclairé que d'un côté, paroissent se diriger vers la lumière.

DU FLUIDE GRAVIFIQUE, OU DE L'ÉTHER.

§. 801. La plupart des physiciens reconnoissent aujourd'hui que la gravitation universelle est l'effet d'un fluide particulier qu'ils appellent *gravifique*. C'étoit l'opinion de *Descartes*, de *Newton*, de *Leibnitz*, des *Bernouilli*, d'*Euler*.... C'est encore l'avis de *Lesage*, de *Deluc*...... Mais quelle est la nature de ce fluide ?

Ce ne peut être aucune espèce d'air, puisque la gravitation a lieu dans le vide de la machine pneumatique....

Le fluide magnétique n'agit que sur le fer.

Le fluide électrique n'exerce pas la même action sur tous les corps : par conséquent ni l'un ni l'autre ne peuvent être le fluide gravifique.

Le feu ou calorique est une des causes de la force de répulsion et de celle d'expansion, qui sont opposées à celles de la gravitation.

§. 802. Il n'y auroit donc que le fluide lumineux qui pourroit être soupçonné remplir les fonctions du fluide gravifique. Néanmoins il ne me paroît

pas en réunir les qualités; car la lumière demeure 8 minutes pour venir du soleil jusqu'à la terre. Or ce mouvement, de quelque nature qu'il soit, est beaucoup trop lent pour satisfaire aux phénomènes qu'on doit attribuer au fluide qui produit la gravitation universelle : car cette gravitation paroît agir instantanément, ou presque instantanément (1). On n'apperçoit point de succession dans son action. Dès-lors il faut que le fluide gravifique soit parfaitement élastique, parce que dans les corps parfaitement élastiques la communication du mouvement paroît instantanée. Mais supposons seulement l'action de la gravitation un million de fois plus prompte que celle de la lumière, et appliquons au fluide gravifique la loi de la communication du mouvement dans les fluides élastiques.

Soit V la vîtesse, m l'élasticité, n la rareté, on a $V = \sqrt{mn}$.

La vîtesse de la lumière parcourt environ

---

(1) *La Place* suppose, « que l'action de la pesanteur » doit avoir une vîtesse sept millions de fois environ plus » grande que celle de la lumière. Cette activité prodi- » gieuse de la pesanteur a de quoi nous surprendre, et » il est bien certain qu'elle ne peut être moindre ». (*Théorie du mouvement et de la figure elliptique des planètes. Préface, page* XVIII.)

4,500,000 lieues dans une minute, c'est-à-dire qu'elle est un million de fois plus prompte que celle du son ; d'où nous avons conclu (§. 784.) qu'en supposant l'élasticité du fluide lumineux mille fois plus considérable que celle de l'air, la rareté du fluide lumineux seroit un billion de fois plus considérable que celle de l'air.

Supposons la vîtesse du fluide gravifique seulement un million de fois plus prompte que celle du fluide lumineux (La Place la suppose sept millions de fois plus prompte), nous trouverons par la formule $V = \sqrt{m\,n}$ l'élasticité et la rareté du fluide gravifique. Car la vîtesse du fluide gravifique sera, dans cette hypothèse 1,000,000,000,000 plus grande que celle du son. Nous aurons donc $m\,n = 1{,}000{,}000{,}000{,}000 \times 1{,}000{,}000{,}000{,}000$.

Supposons l'élasticité du fluide gravifique un million de fois plus grande que celle de l'air, la rareté du fluide gravifique seroit un quintillion de fois plus grande que celle de l'air.

Mais quelque hypothèse qu'on admette sur la rareté et l'élasticité du fluide gravifique, on voit qu'elles sont incomparablement plus grandes que celles du fluide lumineux, et de tous les autres fluides connus.

Nous devons conclure que le fluide gravifique est un fluide particulier, et différent des diverses espèces d'air, du fluide électrique, du fluide ma-

gnétique, du fluide calorique et du fluide lumineux ; mais il sera mélangé avec eux. On a donné à ce fluide le nom d'éther.

§. 803. La résistance qu'opposera un fluide aussi rare et aussi élastique aux corps qui le traverseront, sera pour ainsi dire nulle.

Le mouvement de fluidité de ce fluide, qui donne à chacune de ses molécules un mouvement giratoire, diminuera encore de plus en plus cette résistance (§. 640).

§. 804. Nous avons dit, en parlant de la dureté des corps (§. 6), que le fluide gravifique en est une des causes principales ; et qu'il fait partie de leurs atmosphères particulières. Dans la cristallisation de chacun de ces corps terrestres une partie de ce fluide gravifique éthéré demeure interposée entre les parties de ces corps, et l'autre est repoussée à leur surface. Nous avons démontré que c'est ainsi que se comportent tous les fluides qui entrent dans les atmosphères particulières des corps. Dans la cristallisation, par exemple, de l'aimant ou du fer aimanté, une partie du fluide magnétique demeure interposée entre les molécules de cet aimant ou de ce fer, et l'autre est repoussée à sa surface, pour en constituer l'atmosphère magnétique. Dans la cristallisation du globe terrestre, une partie du fluide

magnétique des différens corps magnétiques dont il est composé, a également demeuré autour de ces corps, et l'autre a été repoussée à la surface du globe pour faire son atmosphère magnétique. La même chose a lieu pour le fluide électrique. Chaque molécule des corps terrestres a une atmosphère électrique. Dans la cristallisation de ces corps, une partie de ce fluide demeure interposée entre ces molécules, et l'autre est réfléchie à la surface de chacun de ces corps, pour lui faire une atmosphère électrique. Dans la cristallisation générale du globe la même chose a eu lieu. Une partie des atmosphères particulières électriques est demeurée entre chaque corps terrestre; et l'autre partie a été repoussée à la surface du globe terrestre, ce qui a fourni son atmosphère électrique.

Il est prouvé que le fluide gravifique fait portion de l'atmosphère de chaque molécule des corps terrestres. Lors de la réunion de toutes ces molécules, une partie de ce fluide a donc été refoulée à la surface de chacun de ces corps, et est entrée dans son atmosphère (§. 612). La même chose a dû arriver à l'époque de la cristallisation générale du globe terrestre. L'atmosphère de chacun de ces corps s'est également divisée; une partie a demeuré interposée autour de chacun d'eux, et l'autre a été repoussée à la

surface du globe, et lui a fait une atmosphere de fluide gravifique.

Nous devons supposer que la même chose a eu lieu pour tous les autres globes.

Chaque globe aura donc une atmosphère de fluide gravifique. Mais comment ce fluide agira-t-il ? Nos connoissances ne sont peut-être pas encore assez avancées pour répondre à ces questions; par conséquent, je ne chercherai point à expliquer cette action. Je rappellerai seulement que celle de tous les fluides connus, de l'électrique, du magnétique, du lumineux, des sons..... est toujours en raison des masses et de l'inverse des quarrés des distances.

L'action du fluide gravifique sera, comme celle de tous les fluides, en raison de la masse des globes qu'il environne, et de l'inverse du quarré de leurs distances.

Par conséquent, la portion de ce fluide qui enveloppe le soleil aura une très-grande force, laquelle sera proportionnelle à la masse de cet astre.

L'action de la partie de ce fluide, qui environne chaque planète et chaque comète, sera également proportionnelle à leurs masses.

Nous avons prouvé que chacun de ces grands corps a un mouvement de rotation sur son axe, et un autre en ligne droite (§. 647). Ces deux mou-

vemens sont semblables à ceux d'un boulet de canon, qui se meut sur son axe, et a un mouvement de projection en avant.

Le fluide gravifique, qui enveloppe chacun de ces globes, agit sur tous les corps qui les composent et sont à sa surface, ce qui cause leur tendance vers son centre : mais son action s'étend à des distances plus ou moins éloignées, et agit sur les autres globes, qui sont compris dans la sphère de son activité.

Et comme le soleil a beaucoup plus de masse que toutes les planètes et comètes de son système, son fluide gravifique agit avec beaucoup de force sur tous ces corps, qui sont attirés à lui par une force centripète : cette force, combinée avec celle de projection qu'ils ont en avant, leur fait décrire des courbes elliptiques autour de cet astre.

Chaque planète, chaque comète, a également un fluide gravifique qui agit sur le soleil : cet astre est donc attiré par chacun de ces corps.

§. 831. Ces corps agissent également les uns sur les autres. Prenons pour exemple la terre; son fluide gravifique enveloppe la lune. Si ce fluide attire, ou pour parler plus exactement, pousse vers le centre de la terre tout ce qui est dans la sphère de son activité, il agira également sur la lune, et la forcera de décrire une ellipse autour

de la terre ; si nous supposons que ce même fluide gravifique de la terre s'étende jusqu'à Vénus, Mercure, le Soleil.... il agira également sur tous ces corps, en raison de leurs masses respectives et du quarré de leurs distances.

Les comètes qui passeront dans ces régions seront également soumises à l'action de ce fluide gravifique de la terre.

Les mouvemens de tous ces corps seront donc un peu dérangés par l'action du fluide gravifique du globe terrestre.

Supposons que le fluide gravifique de chaque planète et de chaque comète agisse sur chacun de ces corps, leur mouvement en sera un peu dérangé : ces dérangemens, qu'on appelle *perturbations*, seront toujours en raison directe des masses et de l'inverse des quarrés des distances.

Telle est l'explication physique qu'on peut donner de ces perturbations.

Peut-être tous ces phénomènes ne sont-ils pas dus au seul fluide gravifique, et que tous les autres grands fluides, qui enveloppent chacun de ces globes, savoir, le fluide électrique, le fluide magnétique, le fluide calorique, le fluide aérien, et peut-être le fluide lumineux, exercent aussi une action quelconque. Ils contribueroient donc à produire toutes ces différentes perturbations ; car

nous avons vu (§. 642.) que plusieurs fluides peuvent agir les uns dans les autres.

Cette explication de la gravitation universelle me paroît la plus conforme aux principes de la saine physique.

Du mouvement de fluidité du fluide gravifique.

§. 805. Ce fluide si subtil, si élastique, si actif, doit avoir un mouvement de fluidité comme les autres fluides.

Du mouvement de dissolution du fluide gravifique.

§. 806. Nous n'avons point de connoissances à cet égard.

Du mouvement de transport du fluide gravifique.

§. 807. Ce fluide sera agité par les grands corps qui le traverseront, tels que les planètes, les comètes, et même les soleils ; et quoique sa subtilité soit si grande qu'il en traverse facilement les masses, néanmoins il en éprouvera une agitation quelconque, qui produira des courans dans une partie de sa masse.

Du mouvement d'oscillation du fluide gravifique.

§. 808. Il aura, comme tous les fluides élastiques, un mouvement d'oscillation, qui doit être très-rapide, à raison de son élasticité et de sa rareté.

Du mouvement d'expansibilité et de compressibilité du fluide gravifique.

§. 809. Étant très-élastique, il doit avoir une grande expansibilité, comme tous les fluides aériformes.

Il sera par conséquent compressible.

Mais quelles seront les limites de cette compressibilité ? Nous l'ignorons.

Il paroît qu'elle doit être plus considérable à la surface des grands globes.

Le fluide gravifique sera donc le plus élastique et le plus rare de tous les fluides connus. On peut supposer que son élasticité et sa rareté sont autant au-dessus de celles du fluide lumineux, que celles du fluide lumineux sont au-dessus de celles de l'air.

DES ESPACES QU'IL Y A ENTRE LES CORPS CÉLESTES.

§. 810. Il paroît que plusieurs anciens philosophes, et particulièrement l'école d'*Épicure*, ont cru ces espaces à-peu-près vides. Voici ce qu'en dit *Lucrèce, lib. 1.*

Nec tamen undique corporea stipata tenentur
Omnia natura. Namque est in rebus inane.....
Quapropter locus est intactus, *inane*, vacansque;
Quod si non esset, nulla ratione moveri
Res possent. Namque officium, quod corporis extat,
Officere atque obstare, id in omni tempore adesset
Omnibus. Haud igitur quidquam procedere posset,
Principium quoniam cedendi nulla daret res.

« Ne croyez cependant pas que tout l'espace » soit rempli par la matière; il existe du vide. Il y » a un espace impalpable qu'on nomme le vide, » sans lequel on ne peut concevoir le mouvement; » car le propre du corps étant de résister, ils ne » cesseroient de se faire obstacle, et le mouvement » seroit impossible, parce qu'aucun corps ne com» menceroit à se déplacer. Cependant, sur la » terre, dans l'onde, au ciel, mille mouvemens » divers frappent nos yeux; et sans vide, non» seulement les corps seroient privés de cette con» tinuelle agitation, mais ils n'auroient pas pu » même être engendrés, parce que la matière,

» comprimée de toutes parts, auroit langui dans
» une éternelle inertie.

Ces raisons ont fait sentir de tout temps, qu'il ne pouvoit y avoir un plein absolu dans les espaces célestes; et tous les physiciens sont d'accord à cet égard.

§. 811. MAIS d'un autre côté, on ne sauroit nier, ainsi que tous les faits que nous venons de rapporter le prouvent, que ces espaces sont occupés par plusieurs fluides. Ces fluides ne constituent pas un plein absolu; mais ils remplissent les espaces qui sont entre les grands globes, comme ils remplissent ceux qui sont à la surface de ces mêmes globes, par exemple, du globe de la terre. La seule différence qu'il y a, est qu'ils ont dans les espaces une rareté beaucoup plus grande. On pourroit la comparer, jusqu'à un certain point, à celle qu'ils ont dans l'intérieur du récipient de la machine pneumatique, où on a fait le vide autant qu'on peut le faire.

Or, ce récipient est encore rempli des trois différentes espèces d'air; 1°. l'air pur, 2°. l'azote, 3°. l'inflammable très-dilaté, 4°. du calorique, 5°. du fluide lumineux, 6°. du fluide éthéré, 7°. du fluide magnétique, 8°. du fluide électrique, 9°. souvent d'une portion d'acide carbonique, 10°. de l'eau à l'état aériforme.....

Néanmoins, la résistance est si foible dans ce récipient, que les corps qui diffèrent le plus en densité, tels qu'une balle de platine et une plume, y tombent avec la même vîtesse, comme on le sait.

Supposons donc les espaces célestes remplis des mêmes fluides qui sont contenus dans ce récipient; les grands globes pourront s'y mouvoir sans perdre une quantité sensible de leur mouvement.

Or, ceci n'est pas une simple hypothèse. Les faits que nous avons rapportés jusqu'ici prouvent que ces espaces sont réellement remplis de la plupart des fluides dont nous venons de parler.

§. 812. I. CHACUN des grands corps célestes; les soleils, les planètes et les comètes, a une atmosphère particulière de différens airs; c'est (§. 671.) un fluide qui leur est propre, qui leur appartient exclusivement. L'existence de ces atmosphères ne sauroit être révoquée en doute : on ignore seulement leur étendue; mais il est vraisemblable qu'elles se touchent, que plusieurs même se pénètrent. Il est prouvé, par les phénomènes de la lumière zodiacale, que l'atmosphère solaire s'étend jusqu'au-delà de l'orbite de la terre; que par conséquent elle enveloppe les atmosphères de Mercure, de Vénus, de la Terre,

de la Lune, et des comètes qui passent dans ces régions. Néanmoins, toutes ces comètes et planètes se meuvent dans cette atmosphère solaire, sans qu'elles perdent une quantité sensible de leurs mouvemens.

Mais il est certain que cette atmosphère solaire doit s'étendre beaucoup plus loin, sans que nous puissions en assigner les limites; et vraisemblablement elle enveloppe toutes les planètes, et même les comètes.

Il en est de même des atmosphères des planètes et des comètes. Nous ignorons jusqu'où elles s'étendent; mais il est vraisemblable que la plupart sont contiguës avec celle du soleil, et même que plusieurs le sont les unes avec les autres. Les atmosphères des planètes principales doivent être contiguës avec celles de leurs satellites; celle de la Terre avec celle de la Lune; celles de Jupiter, de Saturne, de Herschel, avec celles de leurs satellites.....

Toutes ces atmosphères sont composées de différens airs; *a* d'air pur, *b* d'air impur, *c* d'air inflammable.

§. 813. II. Chacun de ces corps a un degré de chaleur quelconque. Les soleils en ont un très-grand; les planètes et les comètes en ont plus ou moins: or ce calorique étant un fluide très-ex-

pansible, doit remplir tout l'espace. Nous voyons la chaleur du soleil s'étendre jusqu'à la terre, et qu'elle y a beaucoup d'intensité; il n'est pas douteux qu'elle ne s'étende jusqu'aux régions les plus éloignées de son système.

Ce calorique fera une espèce d'atmosphère autour de chacun de ces grands globes, comme nous avons vu qu'il en fait une autour de chacun des corps terrestres.

§. 814. III. L'ANALOGIE dit que chacun des grands globes doit avoir une atmosphère de fluide électrique comme la terre : or ce fluide étant très-expansible, doit remplir tout l'espace.

§. 815. IV. ON en doit dire autant du fluide magnétique.

§. 816. V. TOUS les physiciens, et *Newton* lui-même, admettent un fluide éthéré, répandu dans tout l'espace.

§. 817. VI. QUANT au fluide lumineux, nous avons vu que, suivant toutes les analogies, il est un fluide particulier, et non point une émission du corps lumineux.

Mais persistât-on à le regarder comme une émission du corps lumineux, il n'en seroit pas moins un fluide particulier, qui, par son émission

en toutes sortes de directions, devroit remplir l'espace; et même il opposeroit plus de résistance au passage des corps, que dans l'autre hypothèse.

§. 818. Il est donc prouvé par ces faits, qu'une partie des espaces célestes est remplie de différens fluides, qu'on peût mettre au nombre de huit :

a L'air pur,

b L'air impur,

c L'air inflammable :

Ces trois espèces d'air composent les atmosphères aériennes.

d Le fluide électrique,

e Le fluide magnétique,

f Le fluide calorique,

g Le fluide lumineux,

h Le fluide éthéré ou gravifique.

Toutes les objections qu'on peut faire échouent contre ces faits. L'existence de chacun de ces fluides est constatée; ils environnent chacun des grands globes.

§. 819. Les analogies les plus fortes nous assurent que tous ces fluides sont très-rares, très-élastiques, très-expansibles. Par une suite de cette expansibilité, ils doivent s'étendre à une

distance très-considérable des globes qu'ils environnent; et comme nous ne voyons rien qui borne leur expansibilité, il paroît qu'ils doivent remplir tout l'espace qui est entre ces différens globes: mais leur densité diminuera à mesure qu'ils s'en éloigneront.

On ne peut nier effectivement que le fluide lumineux et le fluide éthéré ne soient répandus dans tous ces espaces, d'après les preuves que nous en avons rapportées.

La chose ne paroît pas moins certaine quant au fluide calorique.

Mais il seroit possible que le fluide électrique et le fluide magnétique fussent circonscrits autour de chaque globe; que malgré leur expansibilité, ils n'occupassent pas tout l'espace intermédiaire : néanmoins l'autre opinion me paroît plus vraisemblable.

Quant aux différentes espèces d'air, il est plus douteux qu'elles occupent tout l'espace. Cependant, il est certain que l'atmosphère du soleil, par exemple, doit s'étendre à de bien grandes distances; et on n'apperçoit rien qui puisse borner son expansibilité.

Il faut observer que sa densité peut varier; car le soleil a des taches, qui sont beaucoup plus considérables en certain temps que dans d'autres. Ces taches doivent diminuer la chaleur du soleil dans

ces endroits : l'atmosphère solaire y sera donc condensée.

La même cause peut également faire varier la densité du fluide électrique et du fluide magnétique du soleil; et ceci seroit confirmé par les phénomènes de la lumière zodiacale, en la regardant comme un produit de l'électricité : nous avons vu que les temps de son apparition varient beaucoup.....

Mais nos connoissances sont si bornées sur tous ces objets, qu'on ne sauroit être trop circonspect à cet égard.

§. 820. Quoique ces fluides soient répandus dans l'espace, ils forment néanmoins atmosphère autour de chacun des grands globes. La chose n'est pas douteuse pour les atmosphères aériennes, pour le fluide électrique, ni pour le fluide magnétique.

§. 821. Quant aux autres fluides, le calorique, le lumineux et l'éthéré, on pourroit dire qu'ils n'appartiennent à aucun globe particulier, et que par conséquent ils ne sauroient leur former des atmosphères. Mais ne voyons-nous pas le fluide électrique, le fluide magnétique, appartenir au globe de la terre, et néanmoins former des atmosphères particulières autour des corps terres-

tres ? Il me paroît donc vraisemblable, et conforme aux analogies, que le fluide éthéré, le fluide lumineux, le fluide calorique, quoique des fluides généraux et répandus dans tout l'espace, fassent néanmoins partie de l'atmosphère de tous les grands globes, comme ils font partie de l'atmosphère des corps terrestres.

On doit donc distinguer ces fluides en deux grandes classes ; 1°. les uns paroissent appartenir particulièrement à tels ou tels globes ; 2°. les autres sont généraux, et sont répandus dans l'espace.

§. 822. On a toujours élevé de grandes difficultes sur la manière dont pouvoient se comporter ces différens fluides, sur les confins des êtres existans et aux extrémités du monde. Mais comment pourrions-nous raisonner sur des objets qui sont si hors de notre portée, tandis qu'il nous est si difficile de connoître ceux qui sont soumis à nos sens ?

Au reste, ces difficultés sont bien plus considérables dans le système de l'émission de la lumière ; car ce fluide, arrivé à ces confins, que devient-il ? Rétrograde-t-il ? continue-t-il sa marche, et se perd-il dans l'espace ?.... Abandonnons donc ces questions.

Mais la grande difficulté qu'on nous fait, est de dire que ces fluides opposeroient une résistance

quelconque aux mouvemens des astres ; que ces mouvemens en seroient retardés, et qu'enfin ils cesseroient.

Je réponds que nous ne devons pas nous informer de ce qui arrivera dans la suite des siècles, mais que nous ne pouvons pas abandonner des faits qui sont certains.

Or, il est sûr que l'atmosphère solaire s'étend jusqu'à l'orbite de la terre, que par conséquent elle enveloppe Mercure, Vénus, la Terre et la Lune. Ces planètes continuent néanmoins leurs mouvemens : ce sont des faits hors de toute contestation.

Si Mercure, Vénus, la Terre et la Lune peuvent bien se mouvoir dans un fluide aussi dense que doit être l'atmosphère solaire, comment les autres planètes et les comètes ne se mouvroient-elles pas dans des fluides aussi rares que le fluide éthéré, le fluide lumineux, le fluide calorique, le fluide électrique, le fluide magnétique ?

§. 823. Mais, disent les newtoniens, notre fluide lumineux est beaucoup moins dense que le vôtre : c'est ce qu'ils ne prouvent pas. Nous supposons que notre fluide lumineux est un fluide expansif, aussi rare que celui de *Newton;* et étant à-peu-près sans mouvement de transport, sans courans, il doit opposer beaucoup moins de résis-

tance au passage des corps qui le traversent, que celui de *Newton*, qui a une vîtesse prodigieuse, et qui présente des milliards de milliards de courans opposés dans tous les sens.

§. 824. Enfin, *Newton* lui-même a été obligé de reconnoître une partie de ces vérités. Voici ce qu'il dit (*Question XXII, Optique*) :

« Les planètes et les comètes, et tous les corps » massifs, ne peuvent-ils pas se mouvoir plus » librement, et trouver moins de résistance dans » ce milieu éthéré que dans aucun autre fluide, » qui remplit exactement tout l'espace sans laisser » aucun pore, et qui par conséquent est beaucoup » plus dense que le vif-argent ou l'or ? Par exem- » ple, si cet éther (car c'est ainsi que je le nom- » merai) étoit supposé 700000 fois plus élastique » que notre air, et plus de 700000 fois plus rare, » sa résistance seroit plus de 600000000 de fois » moindre que celle de l'air; et une telle résistance » causeroit à peine aucune altération sensible dans » le mouvement des planètes, en dix mille ans. Si » quelqu'un s'avisoit de me demander comment » un milieu peut être si rare, qu'il me dise lui- » même comment, dans les parties supérieures de » l'atmosphère, l'air peut être plus de 1000 fois, » 100000 fois plus rare que l'or..... » ?

On voit que *Newton* a reconnu qu'il existe dans

les espaces célestes une matière très-subtile, laquelle oppose aux mouvemens des grands globes une résistance quelconque.

§. 825. Mon opinion ne diffère donc en ce point de celle de *Newton*, qu'en ce qu'il suppose que le fluide qui remplit les espaces célestes est homogène, au lieu que je crois que ce fluide est composé de plusieurs fluides différens, 1°. l'éther, 2°. le calorique, 3°. le fluide lumineux, 4°. le fluide électrique, 5°. le fluide magnétique, 6°. les trois différentes espèces d'air; ce qui forme en tout huit fluides.

§. 826. *Euler*, qui admet également une matière éthérée, a calculé la résistance que les corps célestes peuvent éprouver de la part de ce fluide. Il remarque fort judicieusement que cette résistance ne doit pas être estimée comme celle qu'opéreroient les autres fluides, l'eau, l'air. « Comme » l'éther, dit-il, est une matière extrêmement sub» tile, il pénètre presque librement tous les pores » des corps. Il en est presque de même que si, par » exemple, un crible se mouvoit dans l'eau ou dans » l'air, il souffriroit sans doute une résistance beau» coup plus petite qu'une surface solide. Les pla» nètes ne rencontrent donc de résistance dans » l'éther, qu'autant que leurs parties solides em-

»pêchent que l'éther ne passe tout-à-fait libre»ment à travers de leur masse». (*Résistance de l'éther.*)

Il calcule l'effet de cette résistance, et il trouve qu'elle ne doit point altérer l'excentricité des planètes ni leurs aphélies; elle diminue seulement le temps de leurs révolutions périodiques.

Les observations confirment ces apperçus; car il est constant que l'année de la terre est plus courte aujourd'hui que du temps d'Hipparque: mais cette quantité n'est pas encore bien déterminée. Les astronomes l'expriment sous le nom d'équation séculaire du soleil.

§. 827. EULER cherche ensuite à déterminer par de savans calculs la quantité du dérangement que cette résistance de l'éther produiroit sur l'année de la terre. Il parvient à un résultat trop fort, savoir 49″ par siècle; mais il y a plusieurs de ses données inexactes, telle que la parallaxe du soleil, qu'il suppose de 12″.

Euler admet dans les espaces célestes plusieurs autres fluides différens de ceux dont nous venons de parler.

«Rien n'empêche, dit-il, que les matières sub»tiles, qui sont étendues par tout le monde, ne »soient d'une espèce différente que celle des corps »grossiers, et qu'une certaine étendue vraie de

» ces matières subtiles ait beaucoup moins d'inertie » qu'une égale étendue vraie de matières gros» sières. Ce seroit alors une autre espèce de ma» tière ; et peut-être y en a-t-il plusieurs espèces, » dont chacune joint à la même étendue vraie une » inertie plus petite que les précédentes....». Mais nous avons vu que ces idées sont absolument hypothétiques.

Si on veut apprécier par approximation la quantité de la résistance de chacun de ces fluides, on doit réunir toutes les données. Nous allons essayer de le faire relativement à la terre.

§. 828. I. *a* La densité de l'éther par rapport au globe de la terre, est un des premiers élémens. Or, nous avons vu que cette densité de l'éther est à-peu-près un quintillion de fois (§. 801.) plus petite que celle de l'air; mais l'air est 870 fois moins dense que l'eau, et l'eau $4\frac{1}{2}$ fois moins que la terre; c'est-à-dire, que l'air sera 3845 fois moins dense que le globe de la terre; supposons 4000 fois, car l'air est plus de 870 fois moins dense que l'eau : donc l'éther sera 4 sextillions de fois plus rare que le globe de la terre.

Donc le globe de la terre, dans son mouvement, ne déplacera qu'une matière égale à son volume, 4 sextillions de fois moins dense que lui.

b Mais cette matière éthérée passe à travers

le globe de la terre comme dans un crible. *Euler* suppose qu'il n'y auroit qu'une partie sur 19 qui feroit obstacle ; et cette estimation peut être regardée comme foible. Supposons une sur 20, il faudra donc encore multiplier par 20 le nombre de 4 sextillions, ce qui donnera 80 sextillions.

c La terre a une figure à-peu-près sphérique : la résistance qu'elle éprouvera de la part du fluide éthéré ne sera donc que les deux tiers de celle qu'éprouveroit la surface de celle d'un de ses grands cercles.

On doit, à la vérité, tenir compte de l'atmosphère terrestre ; mais le fluide éthéré la traversera presque sans résistance, à cause de sa grande rareté.

d Le fluide éthéré est éminemment élastique ; or, un tel fluide fait beaucoup moins de résistance, qu'un autre fluide également dense qui ne seroit pas élastique.

e Le fluide éthéré a un mouvement intérieur très-vif ; chacune de ses molécules a un mouvement giratoire sur elle-même, très-rapide : or, de tels fluides opposent très-peu de résistance aux corps qui les traversent.

Il seroit difficile d'apprécier au juste toutes ces données : mais on voit que la résistance qu'opposera l'éther sera presque nulle.

§. 829. II. Le fluide lumineux.

La résistance qu'opposera le fluide lumineux sera plus considérable que celle de l'éther, parce qu'il a beaucoup plus de densité et moins d'élasticité. Nous avons supposé la rareté et l'élasticité du fluide lumineux 1 million de fois moins considérables que celles du fluide éthéré ; ainsi il opposera une résistance beaucoup plus grande.

§. 830. III. Le fluide calorique.

Nous n'avons pu estimer la rareté ni l'élasticité de ce fluide, mais elles doivent peu différer de celles du fluide lumineux ; par conséquent sa résistance sera à-peu-près la même.

§. 831. IV. Le fluide électrique.

Il est plus grossier que le calorique ; mais nous ignorons quel est le rapport entre la densité de ces deux fluides. Tout ce que nous pouvons assurer, est que la résistance qu'il opposera sera plus considérable que celle du calorique.

§. 832. V. Le fluide magnétique.

Nous pouvons supposer que sa densité et son élasticité seront à-peu-près égales à celles du fluide électrique ; ainsi, la résistance qu'ils opposeront sera la même.

§. 833. VI. Les différentes espèces d'air.

Ces airs sont l'air pur, l'impur ou azote, et

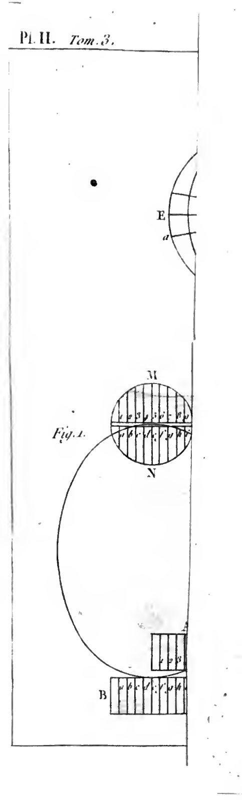
l'inflammable ; ils ont une assez grande densité proche la surface de la terre et celle des autres globes : mais à une certaine distance de ces globes, ils ont une rareté que nous ne connoissons pas.

Supposons qu'ils n'offrent pas plus de résistance que le fluide électrique.

Ces huit fluides, savoir l'éther, le lumineux, le calorique, l'électrique, le magnétique, et les trois espèces d'air, n'opposeront donc que des résistances très-foibles aux mouvemens des corps célestes, peut-être même plus foibles que ne l'ont supposé *Newton*, *Euler*.....

Par conséquent, les temps des révolutions périodiques des astres, c'est-à-dire, leurs années, en seront peu diminuées ; et cette quantité peut être regardée presque comme insensible, relativement au temps que nous observons.

FIN DU TOME TROISIÈME.


E
a
M
N
Fig. 1.
B



